

MESTRADO EM ENGENHARIA SEGURANÇA E HIGIENE OCUPACIONAIS



Tese apresentada para obtenção do grau de Mestre
Engenharia de Segurança e Higiene Ocupacionais
Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

DETEÇÃO DE PADRÕES DE RUÍDO EM CICLOS DE CARGA E TRANSPORTE EM PEDREIRAS A CÉU ABERTO

Ana Sofia Moreira Coelho

Orientador: Professor Doutor João Manuel Abreu dos Santos Baptista (FEUP)

Coorientador: Professora Maria Luísa Pontes da Silva Ferreira de Matos (FEUP)

Arguente: Professor Doutor José Augusto Abreu Peixoto Fernandes (ISEP)

Presidente do Júri: Professor Doutor Miguel Fernando Tato Diogo (FEUP)

2012



Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
Rua Dr. Roberto Frias, s/n 4200-465 Porto PORTUGAL

VoIP/SIP: feup@fe.up.pt

ISN: 3599*654



Telephone: +351 22 508 14 00



Fax: +351 22 508 14 40



URL: <http://www.fe.up.pt>



Correio Electrónico: feup@fe.up.pt

AGRADECIMENTOS

Aos meus orientadores, Professora Luísa Matos e Professor Doutor João Baptista, pela enorme disponibilidade sempre demonstrada, pelo apoio e provimento de todas as condições necessárias para a realização deste trabalho e desenvolvimento do documento, proporcionando assim a melhor orientação que poderia pedir.

A todos os elementos da empresa onde foi feito o levantamento de dados, pela forma como me receberam e acolheram, pela disponibilidade e apoio prestado.

A todos os meus professores, do ISEP e da FEUP, que ao longo do decorrer da minha vida académica contribuíram para o meu crescimento pessoal quer em termos de conhecimento quer em termos de valores.

Às minhas amigas do coração, Matilde, Sara, Marta, Queirós, Lia, Patrícia e Cristina, por todos os momentos que passamos e pelos que ainda iremos passar sempre juntas. Mesmo passando meses ou até anos sem nos vermos a nossa amizade fica ainda mais forte e a isso se chama uma amizade verdadeira.

A toda a minha família, especialmente aos meus pais, Américo e Fernanda, por me apoiarem em tudo ao longo da minha vida e pelo esforço que fizeram para me darem um futuro melhor.

Para terminar, ao meu futuro marido, Joaquim Coelho, por todo o amor, amizade, apoio e força ao longo do meu percurso académico e por ter estado presente nos bons momentos e por não me ter deixado desistir nos mais difíceis.

RESUMO

Debatendo-nos nesta área das pedreiras a céu aberto com um défice na análise e deteção de padrões pretende-se com este estudo realizar a deteção de padrões de ruído associado a dois tipos de ciclos típicos da indústria extrativa a céu aberto, ciclos de carga e transporte. A finalidade da deteção desses padrões será na perspetiva de que poderão auxiliar à tomada de decisão e classificações posteriores em áreas como a segurança e higiene ocupacional e produtividade.

Essa relação foi encontrada a partir de medições dos níveis de pressão sonora, no interior das cabines de uma *Pá Carregadora* e de um camião rígido (*Dumper*), tendo sido tratadas de forma a relacionar o ruído com o processo produtivo.

Como objetivo secundário para este trabalho, estabeleceu-se fazer a avaliação do posto de trabalho dos manobreadores destes tipos de veículos de modo a verificar se o nível da sua exposição estava dentro dos limites admissíveis.

A adoção do procedimento de medição teve em conta as principais etapas, sugeridas pela legislação e normalização em vigor, acompanhado pela análise do conteúdo de trabalho, seleção da estratégia de medição, medições propriamente ditas, tratamento de erros e avaliação de incertezas, cálculos e apresentação de resultados.

Da análise em frequência dos dados provenientes das medições e respetivo tratamento, foi possível detetar padrões de ruído na operação de carga relativo ao *Dumper* e à *Pá Carregadora*. Quanto à avaliação do posto de trabalho do manobreador verifica-se que todos os valores obtidos para o ruído no interior da cabine destes veículos, com janelas e porta fechadas, encontram-se dentro dos limites legais.

Palavras-chave: ruído, padrões de ruído, pedreiras a céu aberto, *Dumper*, *Pá Carregadora*.

ABSTRACT

Struggling in this area of open pit quarries with a deficit in the analysis and detection of patterns intends to carry out this study the detection of noise patterns associated with two kinds of typical cycles of open pit quarries, cycles of loading and transport. The purpose of detection of these patterns is the perspective of which may assist in decision making and subsequent ratings in areas such as occupational safety and hygiene and productivity.

This relation was found from measurements of sound pressure levels inside the cabins oh Wheel Loader and Dumper was treated to associate the noise to the production process.

As a secondary objective for this study was established to make the assessment of the job of workers of these types of vehicles to ascertain whether the level of their exposure was within permissible limits.

The adoption of the measurement procedure took into account the main steps, suggested by legislation and international regulations, followed by analysis of work content, selection of measurement strategy, actual measurements, error handling and assessment of uncertainties, calculations and presentation of results.

From frequency analysis of the data from the measurements and respective treatment, it was possible to detect the noise patterns on load operation on the Dumper and Wheel Loader. As for the evaluation of the job it is verified that all the values obtained for the noise in the vehicle cab with windows and door closed are within the legal limits.

Keywords: noise, noise patterns, open pit quarries, Dumper, Wheel Loader.

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO	1
2	ESTADO DA ARTE	3
2.1	Enquadramento legal	3
2.2	Revisão da literatura	6
2.3	Referenciais técnicos	11
2.3.1	Operação de Transporte.....	12
2.3.2	Operação de Carga.....	15
3	OBJETIVOS E METODOLOGIA	17
3.1	Objetivos.....	17
3.2	Metodologia global de abordagem	17
3.3	Materiais e Métodos.....	18
3.3.1	Sonómetro.....	18
3.3.2	Métodos	19
4	ANÁLISE DE DADOS E TRATAMENTO	25
4.1	Análise de dados	25
4.2	Tratamento	28
4.2.1	Dumper	29
4.2.2	Pá Carregadora	33
5	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	39
5.1	Dumper	39
5.2	Pá Carregadora.....	51
6	CONCLUSÕES	61
6.1	Padrões de Ruído	61
6.1.1	Dumper	61
6.1.2	Pá Carregadora	62
6.2	Avaliação do Posto de Trabalho	63
6.2.1	Dumper	63
6.2.2	Pá Carregadora	64
7	PERSPECTIVAS FUTURAS.....	65
8	BIBLIOGRAFIA	67

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Estrutura do modelo legal	3
Figura 2 – Frequência	6
Figura 3 – Análise por frequência	7
Figura 4 – Ciclo do Dumper	13
Figura 5 – Dumper TEREX TR45	14
Figura 6 – Pá Giratória CAT 374DL	14
Figura 7 – Operação de carga do Dumper	14
Figura 8 – Pá Carregadora de rodas CAT 966H	15
Figura 9 – Carga de um camião	16
Figura 10 – Arrumação dos materiais na zona das pilhas de stock	16
Figura 11 – Instalação de Britagem Móvel	16
Figura 12 – Lavagem e crivagem de inertes (areias)	16
Figura 13 – Sonómetro 01dB Solo MASTER	19
Figura 14 – Interior da cabine da Pá Carregadora CAT 966H (ficha técnica)	20
Figura 15 – Colocação do sonómetro na cabine da Pá Carregadora	21
Figura 16 – Gráfico do histórico no tempo de espectro da amostra L69 (Dumper)	26
Figura 17 – Gráfico do histórico no tempo de espectro da amostra L7 (Pá Carregadora) ..	26
Figura 18 – Gráfico da amostra L69 com identificação das tarefas do Dumper	28
Figura 19 – Gráfico da amostra L11 com identificação das tarefas da Pá Carregadora	28
Figura 20 – Comparação do terceiro e sétimo ciclo da amostra L69 (Dumper)	30
Figura 21 – Terceira operação de carga da amostra L7 da Pá Carregadora	34
Figura 22 – Gráfico da amostra L69 com identificação das tarefas e o número de ciclos (Dumper)	39
Figura 23 – Correspondência dos valores pico ao número de baldes descarregados (Dumper)	40
Figura 24 – Distribuição de amplitude em dB(A) de cada operação (Dumper)	41
Figura 25 – Análise por frequência em dB(A) (Dumper)	45
Figura 26 – Análise por frequência em dB (Dumper)	46
Figura 27 – Comparação das tarefas que constituem o ciclo de transporte	47
Figura 28 – Ajuste da linha tendência de cada tarefa (Dumper)	48
Figura 29 – Comparação de cada tarefa com a situação de paragem (Dumper)	49
Figura 30 – Variância de cada tarefa (Dumper)	50
Figura 31 – Gráfico da amostra L7 com a identificação das tarefas (Pá Carregadora)	51

Figura 32 – Correspondência dos valores mais baixos ao número de baldes descarregados	51
Figura 33 – Distribuição de amplitude em dB(A) de cada operação (Pá Carregadora)	53
Figura 34 – Análise por frequência em dB(A) (Pá Carregadora)	56
Figura 35 – Análise por frequência em dB (Pá Carregadora)	57
Figura 36 – Gráficos de dispersão em dB para cada tarefa (Pá Carregadora)	58
Figura 37 – Variância de cada tarefa (Pá Carregadora)	59

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Valores limite de exposição e valores de ação	5
Tabela 2 – Medidas de redução de exposição ao ruído	5
Tabela 3 – Medidas de proteção individual.....	5
Tabela 4 – Filtro de ponderação A	7
Tabela 5 – Níveis de ruído em dB(A) na Pá Carregadora	9
Tabela 6 – Níveis de ruído em dB(A) no Dumper com capacidade de 50 ton e 30 ton	9
Tabela 7 – Níveis de ruído, em dB(A), a que estão expostos os operadores de Dumpers ..	10
Tabela 8 – Operações associadas à laboração da pedreira	12
Tabela 9 – Características das Pás Carregadoras.....	14
Tabela 10 - Configuração do Sonómetro 01dB Solo MASTER	19
Tabela 11 – Ficha de levantamento de dados do Dumper (página 1/1)	22
Tabela 12 – Ficha de levantamento de dados da Pá Carregadora (página 1/2)	23
Tabela 13 – Ficha de levantamento de dados da Pá Carregadora (página 2/2)	24
Tabela 14 – Resumo dos resultados de medição do Ruído na cabine do Dumper	25
Tabela 15 – Resumo dos resultados de medição do Ruído na cabine da Pá Carregadora...	25
Tabela 16 – Valores de L_{Aeq} por períodos da amostra L69	27
Tabela 17 – Folha de cálculo da exposição pessoal diária ao ruído no Dumper	30
Tabela 18 – Folha de cálculo da incerteza associada à medição do ruído no Dumper	31
Tabela 19 – Quadro individual de avaliação de exposição ao ruído no Dumper (página 1/2)	32
Tabela 20 - Quadro individual de avaliação de exposição ao ruído no Dumper (página 2/2)	33
Tabela 21 – Folha de cálculo da exposição pessoal diária ao ruído na Pá Carregadora	34
Tabela 22 – Folha de cálculo da incerteza associada à medição do ruído no Dumper	35
Tabela 23 – Quadro individual de avaliação de exposição ao ruído na Pá Carregadora (página 1/2).....	36
Tabela 24 - Quadro individual de avaliação de exposição ao ruído na Pá Carregadora (página 2/2).....	37
Tabela 25 – Quadro resumo em função da amostra L69 (Dumper)	42
Tabela 26 – Quadro resumo em função das operações (Dumper).....	43
Tabela 27 – Comparação dos níveis de ruído a que estão expostos os operadores dos Dumpers	44
Tabela 28 – Quadro resumo em função da amostra L7 (Pá Carregadora)	54
Tabela 29 – Quadro resumo em função das tarefas (Pá Carregadora)	55

SIGLAS/ABREVIATURAS

SHST	Segurança, Higiene e Saúde no Trabalho;
DL	Decreto-Lei;
L	Lei;
L_A	nível de pressão sonora, ponderado A;
L_{A,eq}	nível de pressão sonora contínuo equivalente, ponderado A;
L_{eq}	nível de pressão sonora contínuo equivalente (é a sigla definida no sonómetro e software);
L_{Aeq,Te}	nível de pressão sonora contínuo equivalente, ponderado A, para a duração efetiva do dia de trabalho;
L_{Aeq,Tn}	nível de pressão sonora contínuo equivalente, ponderado A, da amostra n;
L_{EX,8h}	nível de exposição ao ruído, ponderado A, normalizado para um valor de exposição diária de 8h de trabalho;
L_{Cpico}	nível de pressão sonora de pico, ponderado C;
T_e	representa a duração efetiva da exposição durante um dia de trabalho, expressa em horas;
T₀	duração de referência, T ₀ = 8h;
n	número da amostra do posto de trabalho;
N	representa o número total de amostras do posto de trabalho;
U	incerteza expandida;
K	fator de expansão associado ao intervalo de confiança;
VAS	Valores de Ação Superiores;
VAI	Valores de Ação Inferiores;
VLE	Valores Limites de exposição;
Hz	Hertz, unidade de frequência.

GLOSSÁRIO

Posto de Trabalho

Atividade profissional geral que é realizada por um trabalhador, composto por todas as tarefas desempenhadas pelo trabalhador durante todo o dia de trabalho¹.

Tarefa Parte distinta da atividade profissional do trabalhador¹.

Pedreira Conjunto formado pela área de extração e zonas de defesa, pelos depósitos minerais extraídas, estéreis e terras removidas e, bem assim, pelos seus anexos².

Desmonte Operação de extração de matéria-prima mineral, vulgarmente com explosivos, de modo a desagregar o maciço remanescente, destacando a rocha, que entre outras finalidades, no caso em estudo será para a produção de agregados.

Escombro Material proveniente do desmonte.

Instalação de Britagem

Conjunto de equipamentos necessários para o processamento de matérias-primas minerais nos vários estágios (britagem, separação e tratamento).

Britador Primário

Equipamento situado no início da instalação de britagem e utilizado para fragmentar a matéria-prima mineral proveniente diretamente da pedreira. Produz uma regularização do calibre para a alimentação britagem secundária.

Agregados britados

Material proveniente do desmonte, que já foi processado e transformado no produto final, que possui uma granulometria específica e ao qual é estipulado um valor comercial.

Pilha stock Pilha de materiais armazenados. Pode haver diferentes pilhas de acordo com a granulometria e/ou tipo de material.

¹ NP EN ISO 9612:2011

² Decreto-Lei n° 270/2001, de 6 de Outubro

1 INTRODUÇÃO

Os padrões detetados para o parâmetro avaliado – ruído, poderão auxiliar à tomada de decisão e classificações posteriores em áreas como a segurança e higiene ocupacional e produtividade.

Segundo a Organização Internacional do Trabalho (OIT) e a Organização Mundial da Saúde (OMS), a saúde e segurança no trabalho (SST) concentra-se essencialmente na promoção e manutenção do desenvolvimento físico, mental e bem-estar social dos trabalhadores em todas as profissões, manter a saúde e a proteção dos trabalhadores no local de trabalho, adaptar o local de trabalho ao trabalhador no que diz respeito à sua fisiologia e capacidades psicológicas e conciliar o equilíbrio entre o trabalho e vida pessoal³.

O direito do trabalho europeu sobre a saúde e segurança é caracterizado pela identificação e avaliação dos riscos, com a responsabilidade pelo controle dos mesmos. A avaliação de riscos deve, segundo a legislação em vigor, identificar os riscos significativos decorrentes do trabalho, permitir que o empregador identifique e priorize as medidas que precisam de ser tomadas para dar cumprimento à disposição legal, e ser adequado à natureza do trabalho e de tal ordem que permaneça válida por um período razoável de tempo.

“A situação da segurança e saúde no trabalho, na União Europeia é afetada por muitos fatores, entre os quais a alteração da estrutura demográfica, a disseminação das novas tecnologias e a diminuição da importância de sectores económicos anteriormente dominantes, como a indústria e a exploração mineira. Estes fatores estão a induzir mudanças, tanto no número como no tipo de postos de trabalho existentes em cada sector. O perfil etário da força de trabalho está a mudar. As novas tecnologias estão a criar novas categorias de emprego. A globalização implica que, ameaças à saúde outrora distantes, se propaguem agora facilmente por todo o planeta num curto espaço de tempo”. [OSHA 2009]

Nos dias de hoje, onde a crise económica se faz sentir em vários sectores da atividade económica de Portugal e restantes países da Europa, a melhoria da segurança e da saúde no local de trabalho é frequentemente desvalorizada e associada a um custo.

“Os acidentes de trabalho e as doenças profissionais têm custos elevados para as empresas. A informação e conhecimento dos efeitos futuros das decisões, de preferência expressos em termos monetários, ajudam as entidades empregadoras a tomar decisões. O verdadeiro valor da avaliação económica reside no facto de esta influenciar as convicções dos decisores e responsáveis políticos. A avaliação económica deverá ser uma atividade levada a cabo conjuntamente por todos os interessados de forma a obter-se o máximo de eficácia neste domínio. Um meio eficaz para atingir este fim é a realização de estimativas financeiras ou económicas, oferecendo-se uma visão de conjunto realista dos custos totais dos acidentes, bem como das vantagens decorrentes da sua prevenção.”[OSHA - Facts28 2002]

Segundo a Agência Europeia para a segurança e saúde no trabalho (OSHA), a Indústria Extrativa é um dos sectores de atividade económica considerado com maiores níveis de problemas auditivos relacionados com o trabalho[OSHA 2009].

³ Fonte: <http://www.eurofound.europa.eu/areas/industrialrelations/dictionary/definitions/healthandsafety.htm>
acedido em 04-05-2012

Em 2005, a perda auditiva foi uma das doenças mais registadas na UE. Analisando as doenças profissionais por atividade económica, constata-se que a taxa de incidência mais elevada está associada à Indústria Extrativa. Mas é importante referir que a rápida redução da dimensão do sector mineiro inflaciona as taxas de incidência de doenças profissionais deste sector [OSHA 2009].

Estudos recentes nos EUA revelaram que cerca de 90 % dos operadores de máquinas estavam expostos a níveis de ruído acima dos limites de exposição diária admissíveis [Goswami 2012].

Uma máquina com um nível elevado de ruído significa que os manobreadores, geralmente expostos por períodos longos de tempo, sofrem de fadiga ou problemas de audição. Devido a esse problema, ter no interior da cabine um baixo nível de ruído, torna-se um aspeto vantajoso a nível de competitividade das empresas [Sung-Hee 2012].

O presente trabalho realizou-se numa empresa com a atividade de exploração de pedreiras e produção de agregados britados. O caso de estudo foca-se na medição dos níveis de ruído no interior das cabines de veículos de carga e transporte, tais como de um camião rígido (*Dumper*) cuja função está ligada às operações de transporte do material desmontado e de *Pás Carregadoras* cuja tarefa está ligada às operações de carga do material já processado e transformado no produto final (agregados britados). Este estudo tem como finalidade detetar a existência de padrões de ruído ocorridos nos ciclos de carga e transporte que diariamente são efetuados de forma rotineira entre a zona do desmonte e a instalação de britagem da pedreira.

As medições do ruído não serão, no entanto, tratadas numa perspetiva tradicional cuja finalidade é avaliar o risco da perda auditiva mas sim do ponto de vista de relacionar o ruído com o processo produtivo de uma pedreira a céu aberto. Para encontrar essa relação, relativamente ao *Dumper* e à *Pá Carregadora*, é fundamental fazer-se uma análise por frequência dos níveis de ruído medidos.

Realizada a recolha de dados, procedeu-se à avaliação do posto de trabalho dos manobreadores destes tipos de veículos de modo a verificar se o nível da sua exposição está dentro dos limites admissíveis.

2 ESTADO DA ARTE

2.1 Enquadramento legal

Uma forma de descrever o enquadramento legal é apresentada na Figura 1, que representa a estrutura do modelo legal, onde é possível identificar uma estrutura de classificação dos diversos diplomas inerentes ao exercício duma determinada atividade económica e que constitui o modelo legal do sistema de gestão da prevenção de riscos profissionais da atividade em causa [Diogo et al. 2005].



Figura 1 – Estrutura do modelo legal

A atividade económica em causa enquadra-se numa dimensão organizacional em função da prevenção, no âmbito da segurança e saúde no trabalho através da **Lei nº 102/2009, de 10 de Setembro**, que estabelece o regime jurídico da promoção da segurança e saúde no trabalho.

A atividade económica “Extração de saibro, areia e pedra britada” (CAE-Rev.3: 08121) enquadra-se numa dimensão organizacional em função da atividade económica através do **Decreto-Lei nº 270/2001, de 6 de Outubro**, (alterado pelo **Decreto-Lei nº 340/2007, de 12 de Outubro**) que aprova o regime jurídico da pesquisa e exploração de massas minerais (pedreiras).

As massas minerais (pedreiras) são recursos geológicos do domínio privado cujo aproveitamento legal passa obrigatoriamente pela obtenção prévia de uma licença de

exploração, vulgarmente conhecida como licença de exploração de pedreira, e que é emitida pela Direção Regional de Economia ou pela Câmara Municipal. São exemplos de massas minerais, todos os tipos de rochas ornamentais, as rochas industriais destinadas às indústrias da construção civil e obras públicas, tais como calcários, granitos e rochas similares, areias e seixos, e ainda outros recursos destinados à indústria transformadora (argilas vermelhas, calcário para cal e cimento, gesso, etc.) ⁴.

A regulamentação referente às prescrições mínimas de segurança em função da atividade económica em causa, enquadra-se numa dimensão técnica através dos seguintes diplomas:

- **Decreto-Lei n.º 162/90, de 22 de Maio**, que aprova o regulamento geral de segurança e higiene no trabalho nas minas e pedreiras;
- **Portaria n.º 198/96, de 4 de Junho**, que regula as prescrições mínimas de segurança e de saúde nos locais e postos de trabalho das indústrias extrativas a céu aberto ou subterrâneas.

O *Decreto-Lei n.º 162/90, de 22 de Maio*, destaca aspetos importantes quanto às máquinas (*Capítulo XVI*) e ao equipamento de extração e às operações de carga e descarga do material de desmonte (do *artigo 134.º* ao *artigo 138.º*).

Tendo em conta que o agente físico em estudo neste trabalho é o ruído associado às operações de carga e transporte, o decreto acima referido, refere que devem ser adotadas medidas adequadas à eliminação, redução e propagação dos ruídos, não podendo ser ultrapassado o valor de 85 dB(A) (*n.º 1 do artigo 149.º*). É interessante comparar o valor limite definido neste Regulamento com o valor limite da exposição diária de 90 dB(A) estipulado pela legislação que entraria em vigor em 1992 e indicado na alínea i) do *artigo 2.º* do *Decreto Regulamentar n.º 9/92*, que regulamenta o *DL 72/92 de 28 de Abril*, que estabelece o quadro geral de proteção dos trabalhadores contra os riscos decorrentes da exposição ao ruído durante o trabalho, que atualmente se encontra revogado pelo *Decreto-Lei 182/2006, de 6 de Setembro*. Assim, verifica-se que o *DL 162/90*, sendo um diploma mais antigo que o decreto regulamentar, demonstra ser mais limitativo em relação ao valor limite de exposição ficando demonstrado desta forma, o protecionismo desta atividade industrial relativamente à saúde dos trabalhadores, no que se refere à exposição ao ruído nos locais de trabalho.

O diploma relativo às componentes materiais do trabalho em relação ao agente físico (ruído) tratado nesta dissertação, enquadra-se numa dimensão universal através do ***Decreto-Lei n.º 182/2006, de 6 de Setembro***, que regula as prescrições mínimas de segurança e de saúde em matéria de exposição dos trabalhadores aos riscos devidos aos agentes físicos (ruído).

⁴ Fonte: www.dgge.pt, acessado em 02-12-2011

A regulamentação do ruído nos locais de trabalho é assegurada pelo *Decreto-Lei n.º 182/2006, de 6 de Setembro*, encontrando-se no *artigo 3.º* definidos os valores limite de exposição e os valores de ação (ver Tabela 1).

Tabela 1 – Valores limite de exposição e valores de ação

Designação	Exposição Pessoal Diária e Nível de Pressão Sonora de Pico
Valor Limite de Exposição	$L_{EX,8h} = 87 \text{ dB(A)}$ $L_{Cpico} = 140 \text{ dB(C)}$
Valor de Ação Superior	$L_{EX,8h} = 85 \text{ dB(A)}$ $L_{Cpico} = 137 \text{ dB(C)}$
Valor de Ação Inferior	$L_{EX,8h} = 80 \text{ dB(A)}$ $L_{Cpico} = 135 \text{ dB(C)}$

Este decreto-lei é aplicável em todas as atividades dos sectores privado e das demais pessoas coletivas de direito público, bem como a trabalhadores por conta própria (*n.º 2 do artigo 1.º*).

Um dos deveres do empregador é assegurar a redução da exposição dos trabalhadores ao ruído como é referido no *artigo 6.º* e resume-se na Tabela 2.

Tabela 2 – Medidas de redução de exposição ao ruído

N.º	Medidas
1	Rotatividade dos postos de trabalho.
2	Escolha de equipamentos ergonomicamente bem concebidos e que produzam o mínimo de ruído.
3	Conceção, disposição e organização dos locais e postos de trabalho.
4	Informação e formação dos trabalhadores para utilização correta e segura do equipamento.
5	Medidas técnicas: barreiras acústicas, encapsulamento, revestimento com material de absorção sonora, amortecimento e isolamento.
6	Manutenção dos equipamentos de trabalho.
7	Organização do trabalho com limitação da duração e da intensidade.
8	Horários de trabalho adequados, incluindo períodos de descanso.
9	Sinalização de acordo com a legislação, dos locais de trabalho onde os trabalhadores possam estar expostos a níveis de ruído acima dos VAS.

Nas situações em que os riscos resultantes da exposição ao ruído não possam ser evitados, o empregador deve colocar à disposição dos trabalhadores equipamentos de proteção individual de acordo com a legislação aplicável (*artigo 7.º*) e aplicar as medidas enumeradas na Tabela 3.

Tabela 3 – Medidas de proteção individual

Condição	Medidas
$L_{EX,8h} > VLE$	Tomar medidas construtivas e organizacionais.
$L_{EX,8h} \geq VAS$	Assegurar a utilização pelos trabalhadores de protetores auditivos individuais.
$L_{EX,8h} > VAI$	Colocar à disposição dos trabalhadores protetores auditivos individuais.

O empregador deve ainda assegurar que os protetores auditivos selecionados permitam eliminar ou reduzir ao mínimo o risco para a audição e medidas que garantam a utilização pelos trabalhadores.

2.2 Revisão da literatura

É fundamental fazer uma pequena abordagem sobre o ruído de modo a conhecer alguns termos técnicos que serão falados ao longo desta dissertação.

“O ruído constitui uma causa de incômodo para o trabalho, um obstáculo às comunicações verbais e sonoras, podendo provocar fadiga geral e, em casos extremos, trauma auditivo e alterações fisiológicas. Quando o ruído atinge determinados níveis, o aparelho auditivo apresenta uma fadiga que, embora inicialmente seja suscetível de recuperação, pode em casos de exposição prolongada a ruído intenso transformar-se em surdez permanente devido a lesões irreversíveis do ouvido interno.”[Miguel 2010]

A intensidade do ruído é medida em decibéis (dB). A escala de decibéis é logarítmica, pelo que um aumento de três decibéis no nível sonoro representa o dobro da intensidade do ruído. O ouvido humano tem sensibilidades diferentes para diferentes frequências e a força ou a intensidade do ruído é geralmente medida com uma ponderação (dB (A)). Não é apenas a intensidade que determina se o ruído é perigoso, a duração da exposição é também muito importante. Para ter isso em conta, ponderado no tempo, são usados os níveis sonoros médios. Para fazer a avaliação do ruído no local de trabalho, este baseia-se normalmente num dia de trabalho de 8 horas⁵.

Ao considerar um ponto da onda sonora, verifica-se que a pressão oscila um determinado número de vezes por segundo à volta da pressão atmosférica. O número de flutuações ou períodos por segundo (hertz) define a frequência [Braga 2011], representado na Figura 2.

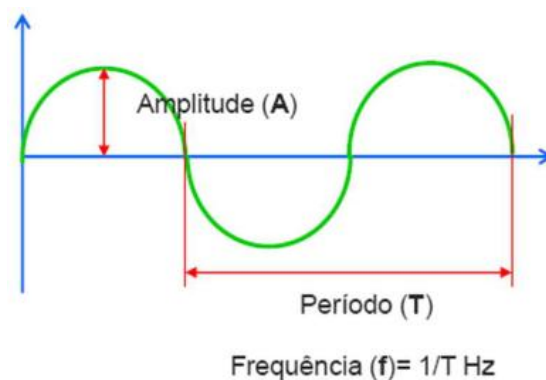


Figura 2 – Frequência

Fonte: [Braga 2011]

Para se ter uma noção exata da composição do ruído é necessário determinar o nível sonoro para cada frequência. Este tipo de análise chama-se análise espectral ou análise por frequência e costuma ser representada graficamente num sistema de eixos onde as frequências se situam no eixo das abcissas e os níveis sonoros no eixo das ordenadas

⁵ Fonte: <http://osha.europa.eu/en/topics/noise> acedido em 20-04-2012

(Figura 3). A gama audível está dividida em 10 grupos de frequências designados por oitavas [Miguel 2010].

Existem vários tipos de filtros de ponderação normalizados que respondem de uma forma não linear. O mais importante a nível de ruído industrial é o filtro de ponderação A que traduz aproximadamente a resposta do ouvido humano. Os valores das medições feitas através do filtro A são seguidos pela designação decibel A, dB(A), tal como na Tabela 4 [Miguel 2010].

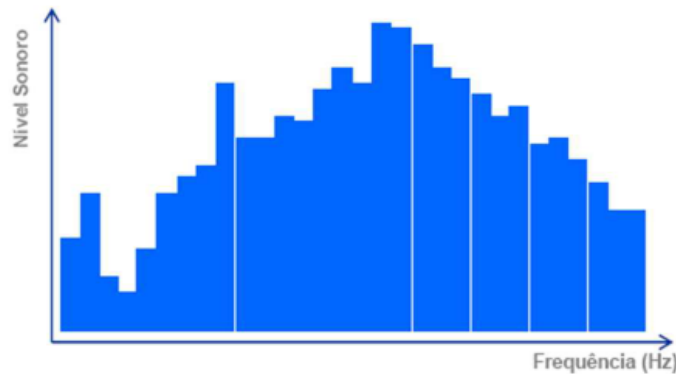


Figura 3 – Análise por frequência
Fonte: [Braga 2011]

Tabela 4 – Filtro de ponderação A

Frequência Central de Oitava, Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Atenuação (filtro A), dB	- 26,2	- 16,1	- 8,6	- 3,2	0	+ 1,2	+ 1,0	- 1,1

Fonte: [Miguel 2010]

A pesquisa feita sobre o tema deste trabalho, na sua especificidade sectorial da exploração de pedreiras a céu aberto, incidiu na procura de estudos desenvolvidos a nível nacional e internacional. Atendendo ao facto de o caso em estudo se desenvolver em território nacional, os valores encontrados para os níveis sonoros serão comparados com a legislação e normalização portuguesas.

No processo produtivo tradicional aplicado na indústria extrativa é muito frequente o recurso a máquinas que transmitem níveis elevados de ruído devido ao seu elevado porte e potência instalada. Por esta razão, no caso estudado, analisaram-se os equipamentos de carga (*Pás Carregadoras*) e de transporte (*Dumpers*).

Segundo o estudo publicado no artigo “*Ruído e Indústria Extractiva*”, a metodologia utilizada pelos autores para avaliação de níveis de ruído associado à operação de remoção (carga e transporte do material desmontado) obteve resultados compreendidos entre 65 e 85 dB [Ferreira and Guerreiro 2010]. Tendo em vista que os níveis de ruído obtidos nesta publicação foram medidos junto do equipamento mas fora da cabine, não permite compará-los com os valores obtidos no caso em estudo.

No que concerne a doenças e acidentes de trabalho, embora não seja o objetivo principal do presente trabalho mas é importante para perceber a sua evolução, [Matos 2001] defende que:

“Sendo a evolução dos processos industriais, hoje em dia muito rápida, traduz-se numa alteração constante das condições de trabalho. Nessa perspetiva, existe cada vez mais a necessidade de se proceder a um estudo aprofundado sobre as causas e os efeitos dos riscos associados aos locais de trabalho, no sentido de poder adotar para cada caso as medidas de segurança mais apropriadas, tendo como objetivos principais de minimizar os riscos de acidentes e de doenças profissionais.”

A mesma análise [Matos 2001] mostra que as operações de Carga e Transporte são as que possuem uma percentagem menor de postos de trabalho sujeitos a níveis superiores a 90 dB(A). Mas entretanto a legislação em vigor em 2001 (DL 72/92 e DR 9/92) foi revogada (pelo DL 182/2006) notando-se uma diminuição do valor de ação inferior, valor de ação superior e do valor limite de exposição (VAI, VAS e VLE). Assim, com a entrada em vigor do novo diploma, houve um aumento significativo no número de trabalhadores (aumento de 6% nas operações de carga e transporte) considerados expostos a níveis de ruído superior ao VLE (87 dB(A)) [Matos 2007].

O mesmo autor concluiu também [Matos 2001] que a evolução tecnológica, nas operações de carga e transporte, permitiu associar a um posto de trabalho uma cabine que funciona como equipamento de proteção individual devido às suas características de insonorização.

Há autores que distinguem dois tipos de ruído que contribuem para o ruído no interior da cabine: o ruído do ar no seu interior e o da própria estrutura [Sung-Hee 2012]. O objetivo desse trabalho citado foi estabelecer um procedimento de previsão do ruído no interior da cabine de equipamentos utilizados na construção como por exemplo de uma *Pá Carregadora*. Este tipo de veículos tem vários tipos de ruído e fontes de vibração tal como o motor, sistemas de refrigeração, bombas hidráulicas, o que dificulta a determinação da principal fonte de ruído no interior da cabine [Sung-Hee 2012]. No entanto, independentemente disso, cada tipo de origem do ruído contribui para o ruído no seu interior. O procedimento de estudo do ruído no interior de cabines, sugerido nesse artigo, baseou-se na análise por frequência.

Da pesquisa levada a efeito, encontrou-se outro caso que apresenta uma metodologia, através da análise por frequência, para a previsão de ruído de máquinas em explorações a céu aberto onde ficou evidente que a *Pá Carregadora* produz níveis de ruído superior ao limite definido nesse estudo [Nanda and Tripathy 2010].

A análise por frequência foi certamente um dos métodos a utilizar neste trabalho para detetar padrões de ruído.

Foi publicado recentemente um estudo realizado na Índia que teve o objetivo de avaliar o nível de ruído em várias explorações de carvão a céu aberto [Goswami 2012]. O estudo revela os níveis de ruído a que estão expostos os operadores de vários equipamentos

pesados presentes nesta atividade tais como a *Pá Carregadora* (Tabela 5) e *Dumper* (Tabela 6).

A avaliação teve em conta, entre outras, as seguintes condições de operação:

- Porta da cabine aberta;
- Porta da cabine fechada;
- Deslocação carregado;
- Descarga.

Tabela 5 – Níveis de ruído em dB(A) na Pá Carregadora

Condições de operação	Mínimo	Máximo	Média	Leq
Parado	85,4	89,2	87,075 ± 1,66	86,45
Cabine com porta aberta	82,2	88,4	85,525 ± 2,875	84,5
Cabine com porta fechada	78,4	80,2	79,375 ± 0,767	79,33
Cabine com porta aberta	86,4	89,8	88,05 ± 1,502	87,8
Cabine com porta fechada	79,2	82,7	80,95 ± 1,524	81,7
Cabine com porta aberta	89,2	91,5	90,55 ± 1,034	90,34
Cabine com porta fechada	80,2	85,4	83,35 ± 2,288	83,7
Com Dumper a 2,5m de distância	92,0	94,2	93,325 ± 0,956	93,13

Fonte: [Goswami 2012]

Tabela 6 – Níveis de ruído em dB(A) no Dumper com capacidade de 50 ton e 30 ton

Condições de operação	Mínimo	Máximo	Média	Leq	Mínimo	Máximo	Média	Leq
	Dumper com capacidade de 50 Ton				Dumper com capacidade de 30 Ton			
Parado	82,4	84,3	83,475±0,853	83,63	83,7	86,5	84,974±1,187	84,5
Transporte com carga	86,5	88,6	87,55±0,903	87,62	90,6	92,2	91,4±0,73	91
Transporte	87,9	90,4	89±1,128	89,35	89,8	94,3	92,425±1,95	91,9
Descarga	90,5	93,4	91,92±41,281	91,37	91,6	94,7	93,05±1,377	93,6

Fonte: [Goswami 2012]

As condições de operação que foram consideradas neste artigo, serão comparáveis com as apresentadas nesta dissertação no que diz respeito à cabine com a porta fechada.

Em relação às *Pás Carregadoras*, comparando com os valores admissíveis em Portugal, verifica-se que na situação da cabine com a porta fechada (a mesma condição avaliada no presente trabalho) apresenta níveis entre 79,3 dB(A) e 83,7 dB(A) (valor abaixo do VAS: 85 dB(A)) [Goswami 2012]. Contudo, caso o operador realizasse o seu trabalho com a porta aberta teria de usar proteção auditiva individual (PAI). No *Dumper*, o artigo não especifica as condições em que foram realizadas as medições (cabine com a porta fechada ou aberta) e tendo em conta que o artigo se refere também a ruído ambiental, os valores apresentados não são válidos para comparação com os valores obtidos no caso de estudo apresentado neste trabalho.

Em 2006, foi publicado um “*Case Study*” sobre o desenvolvimento de um modelo empírico de propagação do ruído em minas a céu aberto na Turquia [Sensogut and Cinar 2007]. Esse estudo de caso reflete-se em três grupos principais de equipamentos: *Pás Carregadoras de Rastos*, *Dumpers* e *Máquinas de Perfuração*. No caso do *Dumper*, foram tidas em

consideração duas situações distintas de exposição ao ruído para o condutor, com a janela aberta e fechada. Os níveis de pressão sonora, em dB(A), aos quais os condutores se encontravam expostos durante o tempo total de um ciclo de deslocação foram transcritos para a Tabela 7.

Verifica-se que os níveis de pressão sonora contínuo equivalente a que os operadores de *Dumpers* estão expostos durante um ciclo de atividade completo são de 89,2 dB(A) com a janela aberta e 73,3 dB(A) com a janela fechada [Sensogut and Cinar 2007].

Tabela 7 – Níveis de ruído, em dB(A), a que estão expostos os operadores de *Dumpers*

Posição	Tempo médio (s)	Janela fechada	Janela aberta
Parado	51	66,0	85,5
Manobra ao lado da Pá	48	72,3	89,7
Parado ao lado da Pá	111	70,3	82,8
Carga	138	72,5	86,1
Transporte com carga	82	77,1	95,7
Manobras	36	74,0	90,8
Descarga	30	76,0	94,2
Transporte vazio	98	77,8	94,7
Nível de ruído equivalente para um ciclo (Leq)		73,3	89,2

Fonte: [Sensogut and Cinar 2007]

Também em Portugal foi desenvolvido um estudo com o objetivo de analisar o padrão da exposição ao ruído dentro de cabines de *Dumpers* e *Pás Carregadoras* durante dias típicos de trabalho com práticas normais por parte dos operadores. E verificou-se que os valores obtidos para o ruído, no interior da cabine com as janelas fechadas, encontravam-se dentro dos limites legais [Ferreira et al. 2011].

A nível do tratamento de dados é de referir que foi desenvolvido um modelo estatístico para a previsão da exposição ao ruído de operadores de máquinas utilizadas nas minas de carvão subterrâneas [Pandey et al. 2011]. Neste caso a idade da máquina foi considerada como uma variável que está diretamente relacionada com o aumento da exposição ao ruído. A metodologia utilizada para desenvolver o modelo estatístico foi através da análise de regressão de dados obtidos através de um dosímetro (equação polinomial de 5ª ordem). Apesar de se tratar de uma atividade económica e de um equipamento de medição do ruído diferente do referido no presente estudo, considera-se que com a mesma metodologia de análise de dados pode-se chegar ao objetivo pretendido.

Também fruto da pesquisa bibliográfica, os autores [Costa and Arezes 2012], concluíram que muitos dos artigos ou trabalhos publicados sobre a avaliação da exposição ao ruído ocupacional apresentam resultados que não incluem os dois dados mais úteis em termos de qualificação dos mesmos do ponto de vista metodológico: a rastreabilidade dos dados e a incerteza das medições. Sem eles, os resultados desses artigos têm, portanto, algum défice de qualidade e não serão fiáveis não podendo ser comparados com outros resultados [Costa and Arezes 2012]. As medidas que devem ser impostas, de modo a alcançar resultados de qualidade independentemente da estratégia utilizada são: apresentar sempre a metodologia

de avaliação, os resultados "brutos" obtidos (anteriores à análise estatística e respetivas correções) e as incertezas de medição correspondentes [Costa and Arezes 2012].

Embora se verifique na Indústria Extrativa um progresso no controlo e avaliação de riscos para a saúde, ainda há muito espaço de manobra para a sua redução, aplicando-se estes princípios especialmente a riscos de lesões traumáticas, riscos ergonómicos e de exposição ocupacional ao ruído[Matos et al. 2011].

Quanto à relação entre o ruído e as variáveis do processo produtivo na indústria extrativa a céu aberto, os autores concluem que o ruído durante o exercício de uma atividade profissional pode ser causa de perda de audição, pelo que o seu controlo e posterior redução assumem importância geral e crescente, tendo em vista a saúde dos trabalhadores. Nesta linha, defendem a importância do estabelecimento de metodologias que quando implementadas, conduzam a uma significativa redução dos níveis de ruído existentes e, consequentemente a uma melhoria das condições de trabalho[Matos, Baptista and Diogo 2011].

Este trabalho insere-se na crescente importância da deteção de padrões no âmbito da classificação e tomada de decisão na sociedade. Importância tal que vem crescendo ao longo dos últimos anos dando origem à criação de associações como AERFAI ⁶ (*Asociación Española de Reconocimiento de Formas y Análisis de Imágenes*), IAPRE ⁷ (*International Association for Pattern Recognition*), APRP ⁸ (*Associação Portuguesa de Reconhecimento de Padrões*), entre outras, cujo objetivo consiste na promoção e divulgação de avanços de cariz científico, teórico ou práticos, na deteção de padrões. As áreas abordadas incluem biometria, o reconhecimento alvo, taxonomia biológica, meteorologia, ciência espacial, classificação de métodos, reconhecimento de caracteres, processamento de imagem, aplicações industriais, computação neuronal, e muitos outros.

2.3 Referenciais técnicos

A empresa onde foi desenvolvido o trabalho, é uma empresa com cerca de 35 anos de existência e possui mais de 200 trabalhadores. Uma das suas principais atividades caracteriza-se pela exploração de pedreiras (extração de granito e rochas afins) para produção essencialmente de agregados britados e enrocamento para proteção costeira. As áreas de atuação da empresa são as obras marítimas e portuárias, agregados, betão, ambiente e energia, infraestruturas e captação de águas.

A pedreira executa o processo produtivo da extração da massa mineral. Após o desmonte, efetua-se a seleção do material para enrocamentos, que se encontra armazenado por classes

⁶ Fonte: <http://aerfai.org/p/aerfai/> acedido em 11-07-2012

⁷ Fonte: <http://www.iapr.org/> acedido em 11-07-2012

⁸ Fonte: <http://www.aprp.pt/> acedido em 11-07-2012

de peso. O material excedente é encaminhado para as unidades de transformação automatizadas, onde é sujeito a diversos estágios de fragmentação e classificação.

Nesta última fase, são obtidas as diferentes granulometrias que são armazenadas, prioritariamente, em silos de grande capacidade. Finalmente, um sistema de carga por correia transportadora, também automatizado, operacionaliza a fase de expedição. Este sistema tem como possibilidades, a carga individual (lote a lote), efetuar misturas com homogeneização (a partir de composições predefinidas) e ainda efetuar a lavagem do agregado.

As principais fontes de ruído associadas à laboração da pedreira encontram-se nas operações ligadas à exploração da pedreira e à produção de agregados britados, representadas na Tabela 8.

Tabela 8 – Operações associadas à laboração da pedreira

Exploração da pedreira	Agregados britados
Perfuração	Instalações de Britagem
Detonação	
Carga	
Transporte	

Como o estudo realizado está focado na detecção de relações entre os níveis de ruído e os sistemas de carga e transporte, serão abordados nos pontos seguintes alguns termos técnicos associados aos equipamentos de movimentação de terras utilizados na indústria extrativa.

2.3.1 Operação de Transporte

O transporte de produtos desmontados é uma operação que é efetuada com o recurso a um *Dumper*.

O *Dumper* foi o veículo utilizado para transporte de escombros, possuidor de uma caixa basculante onde transportava o material proveniente do desmonte para o Britador Primário ou para a pilha de *stock*. De acordo com a sua capacidade de carga e percurso a percorrer, variam os tempos de ciclo e a produtividade da pedreira.

O ciclo de transporte está associado ao percurso que é feito nas operações de remoção do material desmontado e que inclui as seguintes etapas que estão representadas na Figura 4:

- **Carga** – operação de carga do *Dumper* com o material proveniente do desmonte, com uma Pá Carregadora Giratória;
- **Transporte** – viagem em carga entre a frente de desmonte e o britador primário;
- **Descarga no Britador Primário** ou na pilha de *stock*;
- **Regresso** - viagem em vazio até ao local de carga onde inicia um novo ciclo.



Figura 4 – Ciclo do Dumper

Em que:

- A – Local onde é feita a carga do *Dumper*;
- B – Local onde é feita a descarga;
- C – Local onde se dá início à viagem de regresso.

Na recolha de algumas amostras, ocorreu durante o ciclo de transporte, uma tarefa que foi a descarga de água. Esta etapa esporádica, definida nos procedimentos da empresa, é necessária sempre que o material ao ser carregado levar consigo juntamente grandes quantidades de água devido ao desmonte ser executado após ou durante dias de chuva. Trata-se de uma tarefa que consiste em o *Dumper* descarregar a água antes de efetuar a descarga do material proveniente do desmonte no britador primário de modo a evitar o encravamento deste.

Ao longo da preparação das medições de ruído a efetuar no *Dumper*, teve-se em atenção alguns fatores que pudessem interferir na qualidade das mesmas, tais como: as condições atmosféricas e o estado das vias de circulação que são normalmente em terra batida podendo ter irregularidades que dificultem a movimentação dos veículos.

O *Dumper*, pelas suas características pode incluir-se no grupo de camiões rígidos ou articulados, diferenciando entre eles apenas o modo de movimentação da caixa de carga e sistema de suspensão.

O *Dumper*, onde foram feitas as medições de ruído, é um camião rígido da marca/modelo TEREX TR 45, conforme a Figura 5. Na sua ficha técnica, não apresenta informações quanto à insonorização (ver Anexo I).



Figura 5 – Dumper TEREX TR45

A *Pá Carregadora Giratória* (Figura 6) foi o veículo genericamente usado em operações de carga da rocha desmontada, constituído por uma caçamba ou balde. Este veículo é uma das variáveis do caso de estudo pois interfere diretamente na operação de carga do *Dumper*, visível na Figura 7, podendo conforme o tipo de pá utilizada poder fazer variar o nível sonoro emitido e medido dentro da cabine do *Dumper*.



Figura 6 – Pá Giratória CAT 374DL



Figura 7 – Operação de carga do Dumper

A Tabela 9 apresenta algumas características dos vários modelos de Pás Carregadoras que operaram ao longo das medições e que interferiram nas operações de transporte avaliadas.

Tabela 9 – Características das Pás Carregadoras

Marca/Modelo	Rastos/Rodas	Cabine	Capacidade do Balde (m ³)
CAT 374DL	Rastos	Sim	4,6
HITACHI 650	Rastos	Sim	2,5 – 3,5
KOMATSU PC340	Rastos	Sim	2,32
CAT 980H	Rodas	Sim	4,5 – 6,1

2.3.2 Operação de Carga

Nas ações ligadas a esta operação, na pedreira onde foi realizado o estudo, deve-se ter em conta que a circulação é feita numa área em que poderá haver simultaneamente circulação de pessoal e viaturas ligeiras.

A *Pá Carregadora* como o próprio nome indica é o veículo relacionado com as operações de carga de camiões associado à fase de expedição do material final, quer como efetuar o armazenamento de materiais com produção excedentária. O modelo da Pá, que fez parte do estudo referido neste trabalho, foi uma *Pá Carregadora* de rodas CAT 966H (Figura 8).

Esta Pá tem como funções na pedreira:

- fazer a carga dos camiões associados à fase de expedição de diversos tipos de material (Figura 9);
- arrumar os materiais em pilhas de stock (Figura 10);
- colocar o material na alimentação do britador da instalação de britagem móvel (Figura 11) e na alimentação da instalação de lavagem de areias (Figura 12).



Figura 8 – Pá Carregadora de rodas CAT 966H

Por vezes descolocava-se para a zona da instalação nova, onde os materiais estão armazenados em silos, para dar apoio a outro tipo de tarefas como por exemplo rasar os camiões que carregaram o material pretendido diretamente dos silos.



Figura 9 – Carga de um camião



Figura 10 – Arrumação dos materiais na zona das pilhas de stock



Figura 11 – Instalação de Britagem Móvel



Figura 12 – Lavagem e crivagem de inertes (areias)

A capacidade do balde da Pá Carregadora varia entre 3,5 a 4,8 m³ (ver Anexo II).

Segundo o catálogo do equipamento, no que se refere à insonorização:

- O nível de ruído para o operador, medido conforme os procedimentos especificados pela norma ISO 6394:1998, é de 69 dB(A) para a cabine quando corretamente instalada, mantida e testada com as portas e vidros fechados;
- A proteção auricular pode ser necessária ao operar com a cabine aberta ou cabine fechada (quando não for mantida de modo adequado ou com as portas/vidros abertos) durante períodos prolongados ou em ambientes ruidosos;
- O nível de ruído para as pessoas no exterior conforme a norma da União Europeia 2000/14/EC é de 107 dB(A).

Nota: ISO 6394:1998 – “*Acoustics Measurement at the operator’s position of noise emitted by earth-moving machinery - Stationary test conditions*” atualizada pela ISO 6394:2008 – “*Earth-moving machinery – Determination of emission sound pressure level at operator’s position – Stationary test conditions*”

3 OBJETIVOS E METODOLOGIA

3.1 Objetivos

O objetivo do presente trabalho é detetar padrões de ruído associado ao ciclo de carga e transporte numa pedreira a céu aberto. Para concretizar esse objetivo efetuaram-se medições no interior da cabine de um camião rígido (*Dumper*) e de uma *Pá Carregadora* que foram tratadas de forma a relacionar o ruído com o processo produtivo.

Já existem alguns estudos a nível nacional e internacional que abordam este tema (ver ponto 2.2) mas pretende-se discriminar ainda mais os dados recolhidos de forma a demonstrar claramente os padrões de ruído a partir de uma análise de frequências.

As medições do ruído não serão tratadas numa perspetiva tradicional cuja finalidade é avaliar o risco da perda auditiva mas uma vez realizada a recolha de dados, quer-se também fazer a avaliação do posto de trabalho dos manobreadores destes tipos de veículos de modo a verificar se o nível da sua exposição está dentro dos limites admissíveis. Com esta avaliação, pretende-se obter dados para preencher o quadro individual de avaliação de exposição pessoal diária de cada trabalhador durante o seu trabalho, tendo em conta as prescrições mínimas definidas pela legislação em vigor.

3.2 Metodologia global de abordagem

Inicialmente, foi feita a consulta aos trabalhadores que iriam estar sujeitos à avaliação através de um pequeno questionário de forma a obter informação técnica relevante, sobre a sua atividade, para o estudo. Após a consulta foram informados sobre quais seriam os procedimentos e objetivos do trabalho.

Para relacionar os parâmetros do processo produtivo com a metodologia de medição é imprescindível a observação e a análise das condições de exposição, de modo a poder controlar a qualidade das mesmas.

Surgiu assim a necessidade de criar uma ficha de apoio às medições a realizar no campo com o intuito de anotar todos os fatores relevantes para o trabalho. Essa ficha designa-se neste documento como “*ficha de levantamento de dados*”. Foram criadas duas *fichas de levantamento de dados*, uma adaptada ao levantamento associado às operações realizadas pelo *Dumper* e outra associada às operações realizadas pela *Pá Carregadora*.

A determinação dos padrões concretiza-se através da medição do nível de ruído no interior da cabine do *Dumper* e da *Pá Carregadora* e a correspondente análise dos dados.

As operações associadas ao *Dumper* baseiam-se na carga do material proveniente do desmonte, no transporte, descarga no britador primário ou pilha de Stock (no caso de

seleção de enrocamento para obras marítimas) e no regresso que constituem um ciclo de transporte como já foi definido anteriormente.

As tarefas realizadas pela *Pá Carregadora* englobam a carga dos camiões que operacionaliza a fase de expedição, a arrumação das pilhas de stock de material de diferentes granulometrias e alimentação de britadores.

A análise dos dados, do *Dumper* e da *Pá*, foi feita através dos passos seguintes:

- Resumo dos resultados obtidos (em função de cada amostra e em função de cada tarefa);
- Análise dos gráficos de cada amostra antes do tratamento;
- Análise, depois da identificação das tarefas, dos gráficos de cada amostra;
- Identificação da frequência onde melhor se distinguem as tarefas;
- Análise de regressão, para cada tarefa, através do ajuste de uma linha tendência;
- Análise por frequência em dB(A) e em dB de cada tarefa.

O preenchimento o quadro individual de avaliação de exposição pessoal diária de cada trabalhador durante o seu trabalho, foi feito segundo a legislação em vigor (DL 182/2006, de 6 de Setembro).

3.3 Materiais e Métodos

Para realizar as medições dos níveis de ruído no interior das cabines foi usado um sonómetro e adotado um protocolo de medição de acordo com a normalização em vigor (NP EN ISO 9612:2011).

3.3.1 Sonómetro

O sonómetro utilizado foi o *Sonómetro 01dB Solo MASTER*, apresentado na Figura 13. Trata-se de um equipamento com classe de exatidão I, aprovado em Diário de República, com o Despacho de aprovação de modelo nº 245.70.04.03.55 que se encontra no Anexo III do presente trabalho.

Devido à sua versatilidade, este sonómetro analisa em tempo real com as bandas de 1/1 oitava ou 1/3 oitava normalizadas que permite resultados L_{eq} em bandas de frequência. Assim, o sonómetro é totalmente configurável e expansível de forma rápida e fácil, tanto a nível de *software*, como de hardware.

Em relação à regulamentação em vigor para as medições, o sonómetro SOLO atende aos requisitos do Decreto-Lei nº 182/2006.

O *software* para tratamento dos dados foi o “dBTrait 5.3” que permite gerir as medições feitas e obter um relatório rápido e simples.



Figura 13 – Sonómetro 01dB Solo MASTER

Antes da realização das medições foi necessário programar as configurações do sonómetro, apresentadas na Tabela 10 e que permitiram obter os resultados pretendidos.

As leituras instantâneas são feitas em ponderação linear e o *software* converte para a ponderação A ou C, exigida pela legislação em vigor.

Tabela 10 - Configuração do Sonómetro 01dB Solo MASTER

Configurações	Opções	
Modo	Arquivo Completo	
Sensores	Sensores	Microfone
	Campo livre	sim
Entradas	AC	10Hz
Saídas	Saída AC	Não
	Nível AC	0 dB
	Saída DC	Não
	Resultado DC	L_{eq}
Arquivamento	L_{eq}	L_{Aeq}
		Espectro 1/1
	L_{pk}	L_{Cpk}
	L_{eq} 1-1	63 Hz – 8 KHz
Parâmetros	Tipo	L_{eq} (A)
	Modo BE	Real
	BE duração	10 s
Transferência	Protocolo	Blue Solo

3.3.2 Métodos

O método de medição escolhido é normalizado e baseia-se na NP EN ISO 9612:2011.

Antes de seleccionar um protocolo de medição foi fundamental a observação e a análise das condições de exposição, de modo a poder controlar-se a qualidade das medições.

O protocolo adotado foi, segundo a norma, a estratégia de medição baseada no posto de trabalho (ou atividade) onde foi retirado um número de amostras aleatórias do nível de pressão sonora durante a realização da sua atividade.

O princípio deste método normalizado de medição consiste em retirar amostras aleatórias da exposição ao ruído, através da medição do L_{Aeq} durante a realização das atividades identificadas aquando da análise do conteúdo de trabalho (NP EN ISO 9612:2011).

A recolha das amostras teve início em Dezembro de 2011 e terminou em Março de 2012 com períodos de amostragem de duração variada. O *software* permite tratar todas as amostras na íntegra, com a duração total das mesmas, ou separadamente por cada ciclo entretanto definido pela observação *in loco* das atividades.

O primeiro dia de medição (amostra L60) foi muito importante para aferir a metodologia de medição no *Dumper* tendo em conta a observação e a análise das condições de desenvolvimento do trabalho como foi referido anteriormente. Inicialmente colocou-se o sonómetro num ponto estratégico dentro da cabine do *Dumper* mas verificou-se que sofria muitas oscilações o que poderia influenciar a qualidade dos resultados. A partir desta primeira experiência optou-se por segurar o sonómetro com a mão colocando-o o mais perto possível (entre 10 e 30 cm) da orelha mais exposta do trabalhador.

A amostra L6 (primeiro dia de medição na *Pá Carregadora*) foi igualmente importante para aferir a metodologia de medição dentro da cabine. Neste posto de trabalho, inicialmente optou-se por usar a mesma metodologia usada no *Dumper*, segurando o sonómetro com a mão, mas visto que o veículo não apresenta condições para transportar mais uma pessoa para além do manobrador (ver Figura 14) optou-se por usar outra estratégia quanto ao local de fixação do equipamento. Perante esta situação, a melhor opção foi colocar o sonómetro colado ao braço da cadeira do manobrador tal como é apresentado na Figura 15. Às medições foram anexados os apontamentos, feitos na *ficha de levantamento de dados*, das observações de todas as tarefas efetuadas pela *Pá Carregadora*. As observações foram feitas a partir de um local na pedreira onde foi possível ver todo o trajeto e operações executadas pela mesma.



Figura 14 – Interior da cabine da Pá Carregadora CAT 966H (ficha técnica)



Figura 15 – Colocação do sonómetro na cabine da Pá Carregadora

Quanto ao local estratégico de fixação do sonómetro, surgiu a hipótese da utilização de um dosímetro mas não se optou pelo seu uso pois o único disponível (para o MESHO) não se adequa aos objetivos do presente trabalho, na medida em que apenas fornece o valor final do nível de exposição ao ruído. Como tal, não permitiria analisar as frequências na perspetiva de deteção de padrões de ruído.

Como anteriormente citado, foi criada uma *ficha de levantamento de dados*, fruto das observações das condições em que o trabalho se desenvolvia, onde eram anotados todos os acontecimentos relevantes para o estudo tais como:

- Características do posto de trabalho e operador;
- Características do local/percurso;
- Condições atmosféricas;
- Identificação do instrumento de medição;
- Valor do desvio da Calibração do sonómetro no início e fim do dia de trabalho;
- Duração de cada operação que constitui o ciclo e/ou operação;
- Tipo de material transportado, movido ou armazenado nos stocks;
- Acontecimentos não imputáveis ao posto de trabalho em análise.

Pode ser observado na Tabela 11 um exemplo de uma *ficha de levantamento de dados* do dia 11 de Janeiro relativa às medições efetuadas no *Dumper*. Na Tabela 12 e 13 observa-se um exemplo de uma *ficha de levantamento de dados* relativa às medições feitas na *Pá Carregadora*. O conjunto total das fichas encontra-se no Anexo IV e V do presente documento.

Tabela 11 – Ficha de levantamento de dados do Dumper (página 1/1)

Ruído no Posto de Trabalho																																																																																																															
Empresa	Pedreira X																																																																																																														
CAE Rev 3	8121	Observações	Exploração para produção de agregados																																																																																																												
Pessoas responsáveis		Contactos																																																																																																													
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="5">Posto de Trabalho</th> <th colspan="5">Operador</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Função/Categoria</td> <td colspan="4">Manobrador</td> <td>Nome</td> <td colspan="2">A</td> <td>Idade</td> <td colspan="2">38</td> </tr> <tr> <td rowspan="4">Equipamento</td> <td colspan="4">Dumper</td> <td>Altura</td> <td colspan="2">1,73</td> <td>Peso</td> <td colspan="2">87</td> </tr> <tr> <td>Marca</td> <td colspan="2">Terex</td> <td>Modelo</td> <td colspan="2">TR45</td> <td>Nº anos de serviço empresa</td> <td colspan="2">21</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Ano fabrico</td> <td colspan="2">2007</td> <td colspan="2">Nº anos no posto de trabalho</td> <td colspan="2">2</td> </tr> <tr> <td colspan="4">Ano entrada ao serviço na empresa</td> <td colspan="2">Ago-07</td> <td colspan="3">Queixas de ordem física</td> <td colspan="2">por vezes, dores de costas</td> </tr> <tr> <td>Estado do equipamento</td> <td colspan="4">Pneus</td> <td colspan="5">Local/Percurso</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Cabine</td> <td colspan="4"></td> <td>Percurso</td> <td colspan="5">Frente desmonte p/ B.Primério</td> </tr> <tr> <td colspan="4">Porta/Janelas abertas/fechadas</td> <td colspan="2">Fechadas</td> <td>Tempo médio do ciclo</td> <td colspan="3">0:11:00</td> </tr> <tr> <td colspan="5"></td> <td>Tipo de piso</td> <td colspan="5">pouco húmido com troços de inclinação acentuada</td> </tr> </tbody> </table>										Posto de Trabalho					Operador					Função/Categoria	Manobrador				Nome	A		Idade	38		Equipamento	Dumper				Altura	1,73		Peso	87		Marca	Terex		Modelo	TR45		Nº anos de serviço empresa	21		Ano fabrico		2007		Nº anos no posto de trabalho		2		Ano entrada ao serviço na empresa				Ago-07		Queixas de ordem física			por vezes, dores de costas		Estado do equipamento	Pneus				Local/Percurso					Cabine					Percurso	Frente desmonte p/ B.Primério					Porta/Janelas abertas/fechadas				Fechadas		Tempo médio do ciclo	0:11:00								Tipo de piso	pouco húmido com troços de inclinação acentuada				
Posto de Trabalho					Operador																																																																																																										
Função/Categoria	Manobrador				Nome	A		Idade	38																																																																																																						
Equipamento	Dumper				Altura	1,73		Peso	87																																																																																																						
	Marca	Terex		Modelo	TR45		Nº anos de serviço empresa	21																																																																																																							
	Ano fabrico		2007		Nº anos no posto de trabalho		2																																																																																																								
	Ano entrada ao serviço na empresa				Ago-07		Queixas de ordem física			por vezes, dores de costas																																																																																																					
Estado do equipamento	Pneus				Local/Percurso																																																																																																										
Cabine					Percurso	Frente desmonte p/ B.Primério																																																																																																									
	Porta/Janelas abertas/fechadas				Fechadas		Tempo médio do ciclo	0:11:00																																																																																																							
					Tipo de piso	pouco húmido com troços de inclinação acentuada																																																																																																									
Condições Atmosféricas																																																																																																															
Hora:	10:10:00			Hora:	13:50			Hora:																																																																																																							
T °C	10,2		Humidade	50,3		T °C	12,7		Humidade	62,6																																																																																																					
Nebulosi.	pouco		Chuva	não		Nebulosi.	pouco		Chuva	não																																																																																																					
V. Vento (m/s)	1,14			V. Vento	0,6			V. Vento																																																																																																							
Obs.:				Obs.:				Obs.:																																																																																																							
Medição do Ruído																																																																																																															
Sonómetro	01 dB Solo																																																																																																														
Marca/Modelo																																																																																																															
Calibração inicial	Correção	+ 0,0 dB		Hora	9:17																																																																																																										
Leitura nº	L 69			Início	13:52:37		Fim	16:16:36																																																																																																							
Tarefas																																																																																																															
	Tempos																																																																																																														
Carga	13:52:39	14:04:55	14:17:42	14:29:24	14:42:43	14:55:32	15:08:54	15:22:00	15:34:46	15:48:00	16:07:38																																																																																																				
Transporte	13:55:38	14:07:29	14:20:25	14:32:39	14:45:46	14:58:28	15:11:53	15:25:16	15:37:47	15:51:00	16:10:55																																																																																																				
Desc. água	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-																																																																																																				
Descarga B. Primário	13:59:59	14:11:56	14:24:46	14:37:37	14:50:07	15:03:39	15:16:29	15:29:27	15:42:28	15:55:27	16:16:35																																																																																																				
Regresso	14:00:50	14:12:55	14:25:18	14:38:27	14:51:05	15:04:30	15:17:30	15:30:12	15:43:19	15:56:12	-																																																																																																				
Fim ciclo	14:02:53	14:15:35	14:27:25	14:40:35	14:53:37	15:06:38	15:19:54	15:32:31	15:45:32	• 16:03:56																																																																																																					
nº de baldes	7	5	6	7	7	7	7	7	7	7	7																																																																																																				
Duração ciclo	0:10:14	0:10:40	0:09:43	0:11:11	0:10:54	0:11:06	0:11:00	0:10:31	0:10:46	0:15:56	0:08:57																																																																																																				
Duração Total da Leitura	2:00:58																																																																																																														
Observações:	Pá giratória de rastros CAT 374 DL (c/ esta pá a duração de cada ciclo é menor)																																																																																																														
	O material é mais fino e provoca menor nível de ruído durante a carga.																																																																																																														
	• 4 minutos parado devido ao rebentamento																																																																																																														
	Do fim de ciclo até ao início de nova carga o dumper faz o percurso de marcha-atrás																																																																																																														
<table border="1"> <tr> <td>V.lda (Km/h)</td> <td>+/- 5</td> </tr> <tr> <td>V.volta (Km/h)</td> <td>+/- 8</td> </tr> </table>										V.lda (Km/h)	+/- 5	V.volta (Km/h)	+/- 8																																																																																																		
V.lda (Km/h)	+/- 5																																																																																																														
V.volta (Km/h)	+/- 8																																																																																																														
Calibração Final	Correção	- 0,3 dB		Hora	16:34																																																																																																										
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Elaborado</th> <th>Verificado</th> <th>Validado</th> <th>Aprovado</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Data: 11-01-2012</td> <td>Data:</td> <td>Data:</td> <td>Data:</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>										Elaborado	Verificado	Validado	Aprovado	Data: 11-01-2012	Data:	Data:	Data:																																																																																														
Elaborado	Verificado	Validado	Aprovado																																																																																																												
Data: 11-01-2012	Data:	Data:	Data:																																																																																																												

Tabela 12 – Ficha de levantamento de dados da Pá Carregadora (página 1/2)

Ruído no Posto de Trabalho									
Empresa	Pedreira X								
CAE Rev 3	08121	Observações	Exploração para produção de agregados						
Pessoas responsáveis			Contactos						

Posto de Trabalho			
Função/Categoria	Manobrador		
Equipamento	Pá Carregadora		
	Marca	CAT	Modelo
	966H		
	Ano fabrico		
Ano entrada ao serviço na empresa			
Estado do equipamento	Pneus		
Cabine			
	Porta/janelas abertas/fechadas	Fechadas	

Operador			
Nome	B	Idade	52
Altura	1,52	Peso	52
Nº anos de serviço empresa	26	Nº anos no posto de trabalho	24
Queixas de ordem física	Tendinite e dor de costas		

Condições Atmosféricas											
Hora:				Hora:				Hora:			
T °C		Humidade		T °C		Humidade		T °C		Humidade	
Nebulosi.		Chuva		Nebulosi.		Chuva		Nebulosi.		Chuva	
V. Vento (m/s)				V. Vento				V. Vento			
Obs.:	Sol			Obs.:	Sol			Obs.:			

Medição do Ruído						
Sonómetro	01 dB Solo					
Marca/Modelo						
Calibração inicial	Correção	- 0,2 dB	Hora	9:43		
Leitura nº	L 9		Início	14:20:02	Fim	16:31:21

Resultado	
Banda oitava:	1 KHz

Fonte

Espectro

Observações:	os picos correspondem ao abrir e fechar da porta para recepção da guia de transporte/carregamento		

Calibração Final	Correção	- 0,2 dB	Hora	16:42
------------------	----------	----------	------	-------

V (Km/h)	2 a 10
----------	--------

Elaborado	Verificado	Validado	Aprovado
Data: 28-03-2012	Data:	Data:	Data:

Sonômetro Marca/Modelo	01 dB Solo					
Calibração inicial	Correção	- 0,2 dB	Hora	9:43		
Leitura nº	L 9		Início	14:20:02	Fim	16:31:21

[illegible]

Calibração Final	Correção	- 0,2 dB	Hora	16:42
------------------	----------	----------	------	-------

Elaborado	Verificado	Validado	Aprobado
Data: 28-03-2012	Data:	Data:	Data:

4 ANÁLISE DE DADOS E TRATAMENTO

4.1 Análise de dados

Apresenta-se na Tabela 14 e 15, um resumo dos resultados de medição dos níveis de ruído em função dos parâmetros com maior importância.

As leituras da amostra L60 da Tabela 14 e as leituras da amostra L6 da Tabela 15, não serão sujeitas a tratamento por se tratarem das primeiras leituras realizadas, quando ainda não estava definida uma metodologia de recolha.

Na Tabela 14, o valor $L_{Cpico}=135,9$ dB(C) correspondente à amostra designada por L68, não será tido em linha de conta para o cálculo do resultado final visto que a responsabilidade deste valor elevado ser imputável ao abrir e fechar de portas da cabine do *Dumper*.

Tabela 14 – Resumo dos resultados de medição do Ruído na cabine do Dumper

Resumo dos resultados de medição do Ruído													
Parâmetros		Leituras											
		L60	L61	L62	L63	L65	L66	L67	L68	L69	L70	L71	L72
		06-12-2011	07-12-2011	07-12-2011	07-12-2011	10-01-2012	10-01-2012	10-01-2012	11-01-2012	11-01-2012	12-01-2012	12-01-2012	12-01-2012
Dumper	marca/modelo	TEREX TR45	TEREX TR45				TEREX TR45			TEREX TR45		TEREX TR45	
Pá Carregadora	marca/modelo	CAT 980H	KOMATSU PC 340				HITACHI 650			CAT 374 DL		CAT 374 DL	
duração	d	1h 43min	1h 8min	52min	20min	1h 38min	9min	1h 31min	1h 39min	2h	9min	1h 19min	2h 13min
ciclos	nº	8	5	4	2	8	1	9	10	11	1	7	11
nível sonoro contínuo equivalente	LAeq (dB (A))	76,3	73,6	73,6	73,2	73,5	73,5	73,6	74,0	74,8	77,5	75,7	77,4
	LAeq máx (dB (A))	93,0	93,4	89,7	86,2	91,2	85,5	86,6	93,0	86,4	85,0	86,6	90,1
	LAeq mín (dB (A))	64,0	62,5	63,2	63,2	62,4	63,2	63,8	61,8	63,5	64,8	62,0	63,7
nível de pressão sonora de pico	L_{Cpico} (dB (C))	137,6	128,6	123,8	120,5	131,4	119,9	120,8	135,9	118,1	114,8	119,5	130,1
	Operação Correspondente	Descarga água (3º ciclo)	Carga (2º ciclo)	Carga (3º ciclo)	Carga (2º ciclo)	Carga (2º ciclo)	Carga	Carga (4º ciclo)	Abrir e fechar porta (2vezes)	Carga (10º ciclo)	Carga	Carga (2º ciclo)	Abrir e fechar porta (1vez)

Tabela 15 – Resumo dos resultados de medição do Ruído na cabine da Pá Carregadora

Resumo dos resultados de medição do Ruído							
Parâmetros		Leituras					
		L6	L7	L8	L9	L10	L11
		27-03-2012	27-03-2012	28-03-2012	28-03-2012	29-03-2012	29-03-2012
Pá Carregadora	marca/modelo	CAT 966H		CAT 966H		CAT 966H	
duração	d	1:46:12	1:59:40	1:39:54	1:25:21	1:21:42	2:01:15
nível sonoro contínuo equivalente	LAeq (dB (A))	75,3	72,7	72,4	72,5	71,7	73,1
	LAeq máx (dB (A))	99,9	96,5	94,5	94,4	93,9	96,2
	LAeq mín (dB (A))	61,8	58,5	60,2	62,7	58,7	53,7
nível de pressão sonora de pico	L_{Cpico} (dB (C))	131,5	131,7	130,2	129,1	130,1	131,6
	Operação Correspondente	Abrir/Fechar porta	Abrir/Fechar porta	Abrir/Fechar porta	Abrir/Fechar porta	Abrir/Fechar porta	Abrir/Fechar porta

A título de exemplo apresenta-se a Figura 16 e 17 que representam a amostra L69 recolhida no *Dumper* e amostra L7 recolhida na *Pá Carregadora*, respetivamente, antes de serem sujeitas a tratamento.

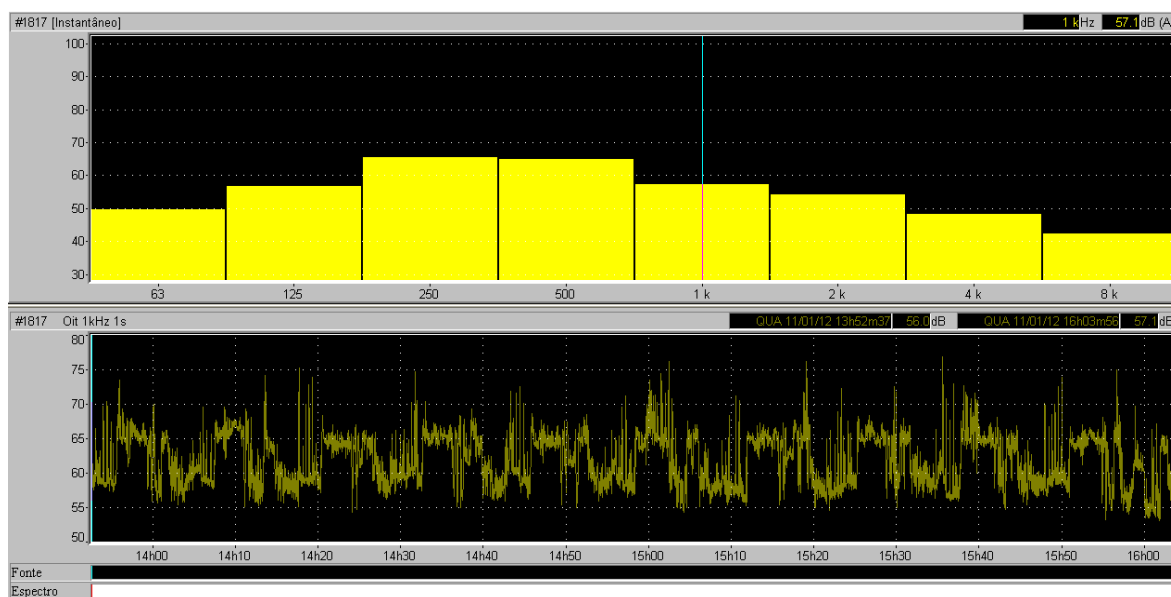


Figura 16 – Gráfico do histórico no tempo de espectro da amostra L69 (Dumper)

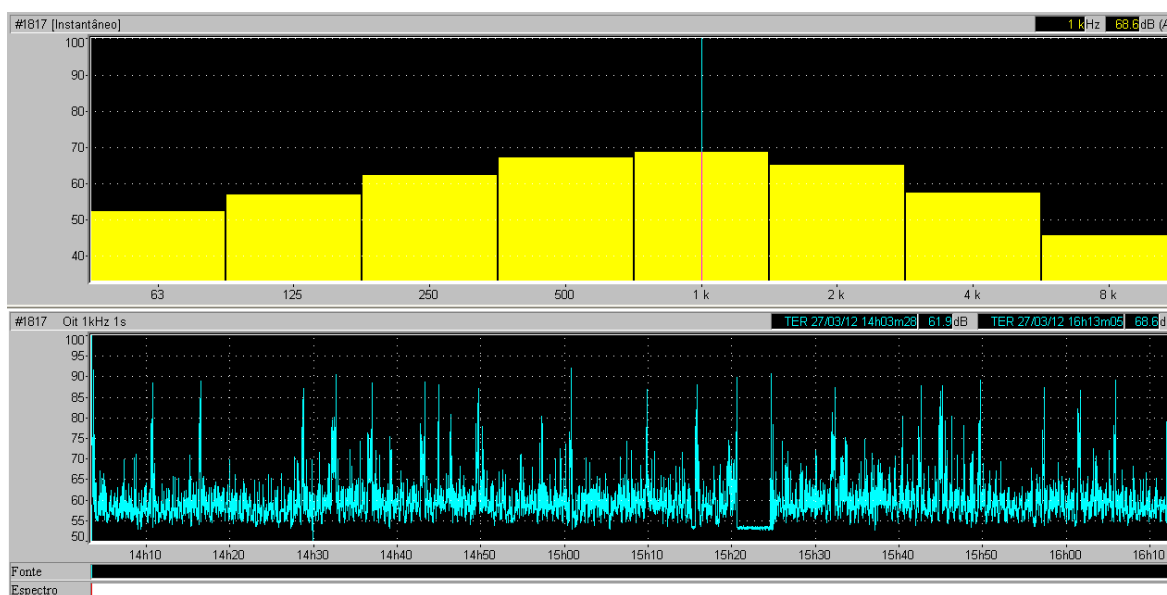


Figura 17 – Gráfico do histórico no tempo de espectro da amostra L7 (Pá Carregadora)

A Tabela 16 mostra todos os valores de L_{Aeq} por períodos correspondentes à leitura L69.

Tabela 16 – Valores de L_{Aeq} por períodos da amostra L69

Arquivo L69			
Períodos	1 minuto	Ponderação	A
Início	11-01-2012 13:52	Tipo de dados	L_{Aeq}
Fim	11-01-2012 16:16	Unidade	dB

Período de início	L_{Aeq}	L_{Aeqmin}	L_{Aeqmax}
13:52:37	71,0	68,6	79,8
13:53:37	72,1	70,3	79,7
13:54:37	72,8	68,0	81,4
13:55:37	81,6	71,1	84,9
13:56:37	79,6	72,6	84,8
13:57:37	75,4	73,5	79,1
13:58:37	75,9	69,3	80,5
13:59:37	74,6	67,5	81,2
14:00:37	75,9	67,1	82,6
14:01:37	76,4	69,3	82,4
14:02:37	72,8	69,2	79,5
14:03:37	70,7	68,0	76,1
14:04:37	70,7	69,2	77,0
14:05:37	71,5	69,8	79,7
14:06:37	73,6	70,6	82,6
14:07:37	79,1	74,0	82,3
14:08:37	78,0	72,6	82,5
14:09:37	75,8	74,2	78,2
14:10:37	76,5	68,7	80,1
14:11:37	73,4	66,5	78,9
14:12:37	71,3	66,2	78,1
14:13:37	75,5	72,9	80,4
14:14:37	72,7	67,4	77,1
14:15:37	69,9	67,8	72,2
14:16:37	69,6	67,7	72,8
14:17:37	71,2	68,9	79,4
14:18:37	72,9	69,9	84,1
14:19:37	73,7	70,1	83,4
14:20:37	78,8	73,3	84,4
14:21:37	76,2	71,4	81,9
14:22:37	74,8	73,5	76,8
14:23:37	75,8	66,9	80,5
14:24:37	74,5	66,1	78,4
14:25:37	77,2	72,7	82,8
14:26:37	74,7	68,0	82,1
14:27:37	70,6	66,9	77,6
14:28:37	70,7	67,3	75,8
14:29:37	70,3	69,1	75,1
14:30:37	71,6	69,1	78,8
14:31:37	72,9	70,5	81,1
14:32:37	80,4	68,5	83,2
14:33:37	80,0	73,1	83,8
14:34:37	75,3	73,2	78,7
14:35:37	76,2	69,3	79,6
14:36:37	76,8	68,1	81,7
14:37:37	74,0	70,0	81,0

Período de início	L_{Aeq}	L_{Aeqmin}	L_{Aeqmax}
14:38:37	77,2	72,6	82,1
14:39:37	75,7	68,1	82,9
14:40:37	70,7	67,3	77,3
14:41:37	68,8	67,6	71,2
14:42:37	71,7	68,0	76,8
14:43:37	71,7	66,6	80,3
14:44:37	71,8	69,2	79,0
14:45:37	81,0	71,8	86,4
14:46:37	78,9	72,0	85,2
14:47:37	75,2	73,3	80,3
14:48:37	76,9	67,2	82,4
14:49:37	75,5	69,3	80,3
14:50:37	72,7	68,6	79,3
14:51:37	76,9	73,0	82,3
14:52:37	74,5	69,8	81,1
14:53:37	70,3	68,1	72,3
14:54:37	70,4	67,8	77,4
14:55:37	69,9	67,1	76,2
14:56:37	70,4	68,2	78,0
14:57:37	71,6	68,4	79,8
14:58:37	77,5	73,7	80,8
14:59:37	78,8	72,4	81,8
15:00:37	76,4	72,5	81,0
15:01:37	76,5	72,2	80,5
15:02:37	73,1	67,3	77,6
15:03:37	70,2	66,7	74,2
15:04:37	74,6	68,7	79,2
15:05:37	74,5	67,9	80,1
15:06:37	70,3	67,4	74,8
15:07:37	69,0	67,4	70,5
15:08:37	69,8	66,5	78,2
15:09:37	69,3	66,7	79,0
15:10:37	69,3	67,5	76,7
15:11:37	77,5	67,5	81,6
15:12:37	77,1	72,2	81,8
15:13:37	77,1	73,3	82,6
15:14:37	76,0	73,0	80,3
15:15:37	75,9	67,6	82,5
15:16:37	73,9	70,1	78,7
15:17:37	75,9	67,4	81,2
15:18:37	76,9	71,1	81,5
15:19:37	72,0	67,4	79,9
15:20:37	68,9	67,6	71,2
15:21:37	70,4	67,3	76,8
15:22:37	71,3	67,9	79,8
15:23:37	71,3	69,4	75,5

Período de início	L_{Aeq}	L_{Aeqmin}	L_{Aeqmax}
15:24:37	76,8	70,0	83,6
15:25:37	76,7	73,1	81,9
15:26:37	77,2	72,8	82,0
15:27:37	75,5	72,7	79,3
15:28:37	75,1	69,1	77,9
15:29:37	73,1	66,1	78,0
15:30:37	76,9	72,3	80,3
15:31:37	74,4	65,9	80,4
15:32:37	70,6	67,7	74,8
15:33:37	71,7	68,1	75,8
15:34:37	70,5	68,6	76,6
15:35:37	71,5	68,1	81,9
15:36:37	70,1	68,6	79,4
15:37:37	77,7	69,8	81,8
15:38:37	78,3	72,8	82,6
15:39:37	76,1	72,5	80,0
15:40:37	75,9	73,1	80,2
15:41:37	74,4	68,4	79,0
15:42:37	72,0	63,5	77,0
15:43:37	75,4	71,1	79,8
15:44:37	73,4	67,6	80,0
15:45:37	71,9	66,6	76,5
15:46:37	69,0	66,9	71,3
15:47:37	71,2	66,5	79,8
15:48:37	72,8	69,8	84,5
15:49:37	73,2	70,8	81,1
15:50:37	75,6	67,8	79,3
15:51:37	75,4	72,1	79,0
15:52:37	75,3	72,7	78,8
15:53:37	75,1	73,2	78,4
15:54:37	74,5	67,9	78,0
15:55:37	72,0	66,4	77,7
15:56:37	73,7	66,1	80,5
15:57:37	67,8	65,4	72,1
15:58:37	69,6	67,0	74,0
15:59:37	68,1	65,8	69,8
16:00:37	68,8	66,2	74,6
16:01:37	75,1	66,3	81,5
16:02:37	75,6	69,2	80,5
16:03:37	70,1	66,8	74,4
16:04:37	68,5	65,8	71,8

Global	L_{Aeq}	L_{Aeqmin}	L_{Aeqmax}
	74,8	63,5	86,4

4.2 Tratamento

Como o objetivo do trabalho foi definir ciclos e/ou operações e tentar detetar padrões de propagação de ruído, os dados recolhidos foram discriminados e preparados para esse fim. Nesse sentido em cada período de recolha de dados foram identificadas as diferentes tarefas que constituem os ciclos de transporte do *Dumper* (Figura 18) e as tarefas associadas à *Pá Carregadora* (Figura 19) de modo a permitir encontrar a sua relação com o processo produtivo. Nestas figuras definiu-se por “Residual” o ruído associado às manobras de posicionamento dos veículos em causa.



Figura 18 – Gráfico da amostra L69 com identificação das tarefas do Dumper



Figura 19 – Gráfico da amostra L11 com identificação das tarefas da Pá Carregadora

A identificação das diferentes tarefas dentro de cada período de amostragem foi feita apoiada nas anotações da *ficha de levantamento de dados* de modo a também permitir que passassem a ser tratados de uma forma individualizada. Assim para a deteção de padrões de propagação de ruído nas diferentes tarefas foi feita uma análise dos gráficos em cada uma das bandas de frequência de oitavas pré-definidas (63 Hz a 8 KHz).

A análise de regressão, feita através do ajuste de uma linha de tendência, e a análise por frequência são apresentadas e discutidas no capítulo seguinte.

Como o objetivo foi também avaliar a exposição ao ruído dos manobreadores, o cálculo do parâmetro $L_{EX,8h}$ foi feito segundo a norma (NP EN ISO 9612:2006). A determinação da incerteza de medição foi feita segundo o “*Anexo C*” da NP EN ISO 9612:2011. Conjuntamente com esta norma é fornecida um ficheiro *excel* que permite não só fazer o cálculo automático da incerteza de medição como também a confirmação do valor de $L_{EX,8h}$. Com estes dados preencheu-se, para cumprimento da legislação em vigor, o quadro individual de avaliação de exposição pessoal diária ao ruído durante o trabalho. É relevante referir que esta norma, assim como qualquer outra, não estabelece qualquer obrigação mas sim uma orientação. As fórmulas utilizadas são as mencionadas na norma e correspondem ao exigido pela legislação aplicável (DL 182/2006, de 6 de Setembro).

4.2.1 Dumper

Depois de feita a identificação das tarefas de modo a permitir o tratamento de uma forma individualizada, procedeu-se à deteção de padrões de propagação de ruído no *Dumper*. A análise dos gráficos foi feita em cada uma das bandas de frequência de oitavas (63Hz a 8KHz). A Figura 20 representa a comparação do terceiro e sétimo ciclo de transporte do *Dumper* (amostra L69) na banda de frequência de 125Hz.

Os gráficos com a totalidade das amostras encontram-se no Anexo VI do presente documento.

O cálculo do parâmetro $L_{EX,8h}$ foi feito através da folha de cálculo apresentada na Tabela 17. A folha de cálculo para determinar a incerteza ($U(L_{EX,8h})$) e confirmação do valor de $L_{EX,8h}$ é apresentada na Tabela 18. O valor da fonte de incerteza, relativo ao tempo de exposição efetivo $T_e = 8$ horas foi determinada por observação no local e a fonte de incerteza padrão u_2 devido ao equipamento de medição que é de classe 1 está estipulado que seja o valor de 0,7, tal como apresentado na Tabela 18.

Estes dados foram utilizados para o preenchimento do quadro individual de avaliação de exposição pessoal diária ao ruído durante o trabalho conforme a representada nas Tabelas 19 e 20.

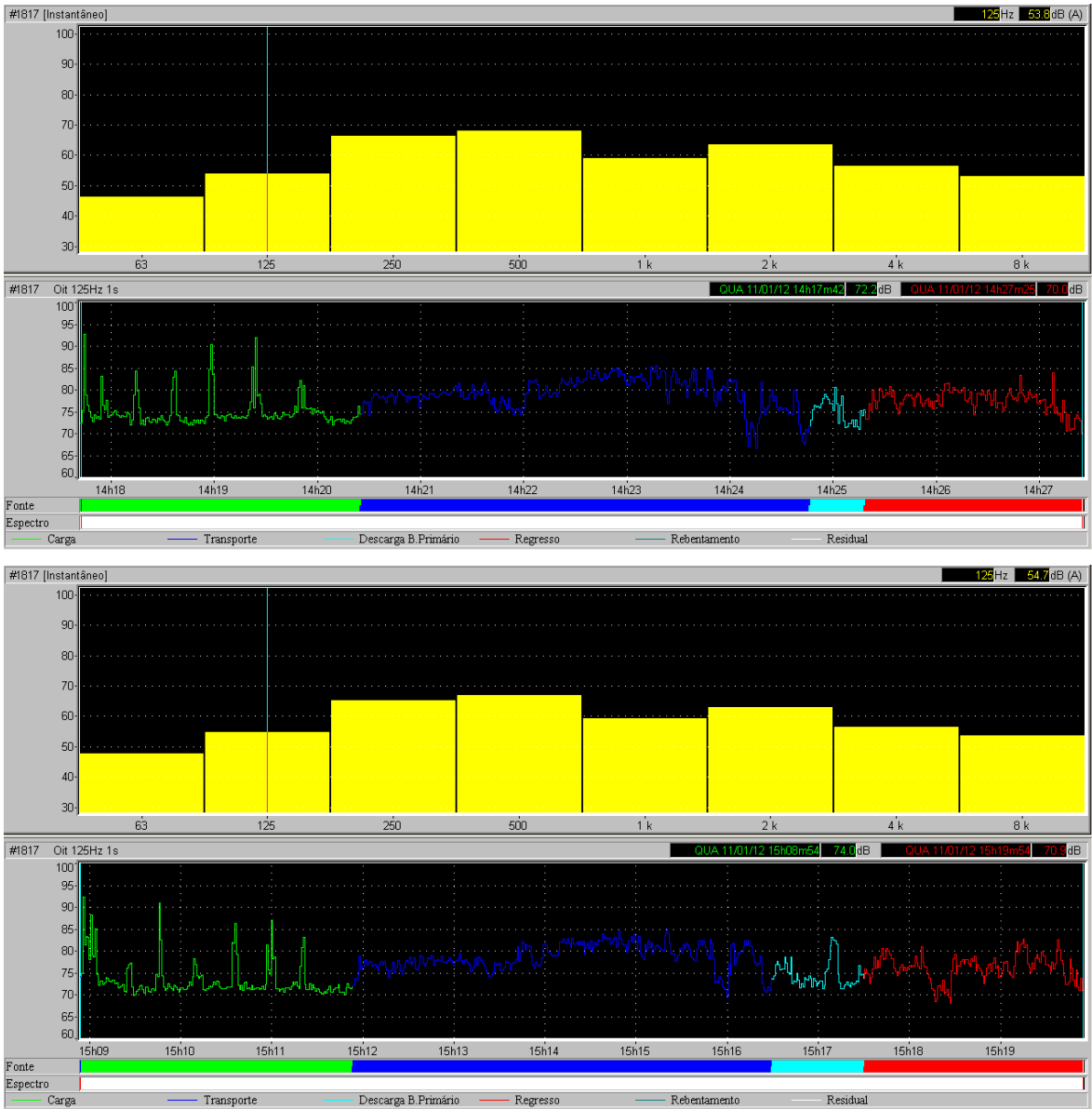


Figura 20 – Comparação do terceiro e sétimo ciclo da amostra L69 (Dumper)

Tabela 17 – Folha de cálculo da exposição pessoal diária ao ruído no Dumper

Cálculo da exposição pessoal diária ao ruído

	L _{Aeq} dB(A) medidos
	73,6
	73,6
	73,2
	73,5
	73,5
	73,6
	74
	74,8
	77,5
	75,7
	77,4

$$L_{EX,8h} = L_{AeqT_e} + 10 \log \left(\frac{T_e}{T_0} \right)$$

L _{EX,8h} =	74,9	T _e =	8	horas
		T ₀ =	8	horas

nº de amostras	11
Média L _{Aeq} dB(A)	74,9

Tabela 18 – Folha de cálculo da incerteza associada à medição do ruído no Dumper

ISO 9612 Evaluation of measurement uncertainties (Annex C)
Job-based measurement and full day measurement

To enter data : use the yellow cells only			Calculations (ISO references)	
Measured values	Noise levels (dB)	Parameters		
	$L_{p,A,eqT,1}$ 73,6	T_o (h) = 8	(Eq. C.8)	$L_{EX,8h} = 74,9$
	$L_{p,A,eqT,2}$ 73,6	Effective duration T_e of the working day (in hours)	(Eq. 11)	$L_{p,A,eqT_e} = 74,9$
	$L_{p,A,eqT,3}$ 73,2		(Eq. C.12)	$u_1 = 1,59$
	$L_{p,A,eqT,4}$ 73,5	$T_e = 8$	(Table C.4 for N and u_1)	$c_1 * u_1 = 0,61$
	$L_{p,A,eqT,5}$ 73,6	Standard uncertainty of measuring instrumentation (Table C.5)	Combined standard uncertainty	
	$L_{p,A,eqT,6}$ 74		Sources of uncertainty =	
	$L_{p,A,eqT,7}$ 74,8	$u_2 = 0,7$	1) Noise levels $(c_1 * u_1)^2 = 0,37$	
	$L_{p,A,eqT,8}$ 77,5	Standard uncertainty due to imperfect selection of measurement position	2) Instrumentation Q2 $(u_2)^2 = 0,49$	
	$L_{p,A,eqT,9}$ 75,7		3) Microphone position Q3 $(u_3)^2 = 1$	
	$L_{p,A,eqT,10}$ 77,4	$u_3 = 1$	Sum (C.9) $u^2(L_{EX,8h}) = 1,86$	
	$L_{p,A,eqT,11}$		$u(L_{EX,8h}) = 1,4$	
	$L_{p,A,eqT,12}$	$U(L_{EX,8h}) = 1,65 * u(L_{EX,8h}) = 2,2$		
	$L_{p,A,eqT,13}$			
	$L_{p,A,eqT,14}$			
	$L_{p,A,eqT,15}$			
	$L_{p,A,eqT,16}$			
	$L_{p,A,eqT,17}$			
	$L_{p,A,eqT,18}$			
	$L_{p,A,eqT,19}$			
$L_{p,A,eqT,20}$				
Number of measured values	N = 11	Daily noise exposure level		74,9 dB
		Expanded uncertainty		2,2 dB

Tabela 19 – Quadro individual de avaliação de exposição ao ruído no Dumper (página 1/2)

QUADRO INDIVIDUAL DE AVALIAÇÃO DE EXPOSIÇÃO PESSOAL DIÁRIA DE CADA TRABALHADOR AO RUÍDO DURANTE O TRABALHO <small>(Quadro I - Anexo III - DL 182/2006)</small>	
Empresa: <input type="text" value="Pedreira x"/>	Nº de página: <input type="text" value="1/2"/>
CAE Rev.3: <input type="text" value="08121"/>	Nº de processo: <input type="text"/>
Nome do trabalhador: <input type="text" value="A"/>	
Número: <input type="text" value="30"/>	Data de nascimento: <input type="text" value="1974"/> Sexo: <input type="text" value="M"/>
Profissão: <input type="text" value="Manobrador"/>	
Data de admissão na empresa: <input type="text" value="1991"/>	
Tempo de serviço em ambiente ruidoso: <input type="text" value="2"/> Anos (estimativa)	
Sistema de segurança social: <input type="text"/>	
Beneficiário nº: <input type="text"/>	
$L_{EX,8h} = 74,9 \pm 2,2 \text{ dB(A)}$	$L_{EX,8h,efect} = - \text{ dB(A)}$
$L_{EX,8h} = - \text{ dB(A)}$	$L_{Cpico} = 131,4 \text{ dB(C)}$
Assinatura do trabalhador: _____ Data: <input type="text"/>	
Assinatura do empregador: _____ Data: <input type="text"/>	
Data da avaliação: <input type="text" value="11-01-2012"/>	
Sistema de medição utilizado na avaliação:	
Marca/Modelo: <input type="text" value="01dB Solo Master"/>	
Calibrador: <input type="text" value="RION NC-74"/>	
Nome do autor da avaliação: <input type="text" value="Ana Sofia Coelho"/>	CAP: <input type="text"/>
Assinatura: _____	

Tabela 20 - Quadro individual de avaliação de exposição ao ruído no Dumper (página 2/2)

QUADRO INDIVIDUAL DE AVALIAÇÃO DE EXPOSIÇÃO PESSOAL DIÁRIA DE CADA TRABALHADOR AO RUÍDO DURANTE O TRABALHO (Quadro II - Anexo III - DL 182/2006)			
Empresa:	<input type="text" value="Pedreira x"/>	Nº de página	<input type="text" value="2/2"/>
CAE Rev.3 :	<input type="text" value="08121"/>	Nº de processo	<input type="text"/>

Descrição das actividades do trabalhador na empresa, estabelecimento ou serviço	Tempo de amostragem (minuto) na medição de ruído T_e	Tk Tempo de Exposição (hora/dia) ao ruído "k" Nota: Quando seja necessário medir separadamente "k" ruídos diferentes será: $T_e = \sum T_k$	L_{Aeq, T_e} em dB(A)	L_{Cpico} em dB(C)
Nome da zona de trabalho:				
Pedreira				
a) condutor Dumper	68	8	73,6	128,6
	52		73,6	123,8
	20		73,2	120,5
	98		73,5	131,4
	9		73,5	119,9
	91		73,6	120,8
	99		74,0	-
	120		74,8	118,1
	9		77,5	114,8
	79		75,7	119,5
	133		77,4	130,1
VALORES FINAIS		Total de horas de trabalho $T_0 = 8$ h/dia	Exposição pessoal diária $L_{EX,8h} = 74,9$ dB(A)	$L_{Cpico} = 131,4$ dB(C)

Nome do autor da avaliação:	<input type="text" value="Ana Sofia Coelho"/>	CAP: <input type="text"/>
Assinatura	<hr/>	

4.2.2 Pá Carregadora

Para a *Pá Carregadora* seguiu-se o mesmo procedimento utilizado no tratamento dos dados relativos aos do *Dumper*.

A Figura 21 representa a terceira operação de carga feita pela *Pá Carregadora* (amostra L7) na banda de frequência de 1KHz.

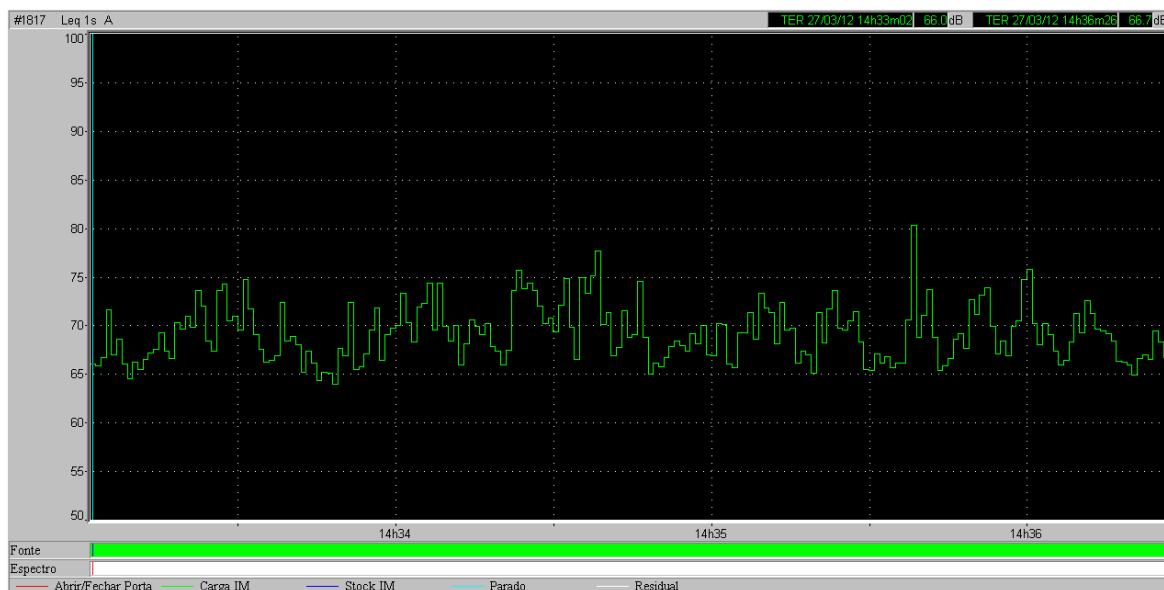


Figura 21 – Terceira operação de carga da amostra L7 da Pá Carregadora

A análise foi feita igualmente para as restantes operações de carga mas não eram comparáveis pois o tempo de duração de cada uma delas é muito variável fazendo alterar a escala do gráfico.

O cálculo do parâmetro $L_{EX,8h}$ foi feito através da folha de cálculo apresentada na Tabela 21. A folha de cálculo para determinar a incerteza ($U(L_{EX,8h})$) e confirmação do valor de $L_{EX,8h}$ é apresentada na Tabela 22. O valor da fonte de incerteza, relativo ao tempo de exposição efetivo $T_e = 8$ horas foi determinada por observação no local e a fonte de incerteza padrão u_2 devido ao equipamento de medição que é de classe 1 está estipulado que seja o valor de 0,7, tal como apresentado na Tabela 22.

Com estes dados preencheu-se também o quadro individual de avaliação de exposição pessoal diária ao ruído durante o trabalho conforme a representada nas Tabelas 23 e 24.

Tabela 21 – Folha de cálculo da exposição pessoal diária ao ruído na Pá Carregadora

Cálculo da exposição pessoal diária ao ruído			
	L_{Aeq} dB(A)		
	medidos		
	72,7		
	72,4		
	72,5		
	71,7		
	73,1		
nº de amostras	5		
Média L_{Aeq} dB(A)	72,5		

$$L_{EX,8h} = L_{AeqT_e} + 10 \log\left(\frac{T_e}{T_0}\right)$$

$L_{EX,8h} =$	72,5	$T_e =$	8	horas
		$T_0 =$	8	horas

Tabela 23 – Quadro individual de avaliação de exposição ao ruído na Pá Carregadora (página 1/2)

QUADRO INDIVIDUAL DE AVALIAÇÃO DE EXPOSIÇÃO PESSOAL DIÁRIA DE CADA TRABALHADOR AO RUÍDO DURANTE O TRABALHO <small>(Quadro I - Anexo III - DL 182/2006)</small>	
Empresa: <input type="text" value="Pedreira x"/>	Nº de página: <input type="text" value="1/2"/>
CAE Rev.3: <input type="text" value="08121"/>	Nº de processo: <input type="text"/>
Nome do trabalhador: <input type="text" value="B"/>	
Número: <input type="text"/>	Data de nascimento: <input type="text" value="1960"/> Sexo: <input type="text" value="M"/>
Profissão: <input type="text" value="Manobrador"/>	
Data de admissão na empresa: <input type="text" value="1986"/>	
Tempo de serviço em ambiente ruidoso: <input type="text" value="24"/> Anos (estimativa)	
Sistema de segurança social: <input type="text"/>	
Beneficiário nº: <input type="text"/>	
$L_{EX,8h} = 72,5 \pm 2,1 \text{ dB(A)}$	$L_{EX,8h,efect} = - \text{ dB(A)}$
$L_{EX,8h}^- = - \text{ dB(A)}$	$L_{Cpico} = 131,7 \text{ dB(C)}$
Assinatura do trabalhador: _____ Data: <input type="text"/>	
Assinatura do empregador: _____ Data: <input type="text"/>	
Data da avaliação: <input type="text" value="29-03-2012"/>	
Sistema de medição utilizado na avaliação:	
Marca/Modelo: <input type="text" value="01dB Solo Master"/>	
Calibrador: <input type="text" value="RION NC-74"/>	
Nome do autor da avaliação: <input type="text" value="Ana Sofia Coelho"/>	CAP: <input type="text"/>
Assinatura _____	

Tabela 24 - Quadro individual de avaliação de exposição ao ruído na Pá Carregadora (página 2/2)

QUADRO INDIVIDUAL DE AVALIAÇÃO DE EXPOSIÇÃO PESSOAL DIÁRIA DE CADA TRABALHADOR AO RUÍDO DURANTE O TRABALHO <small>(Quadro II - Anexo III - DL 182/2006)</small>			
Empresa:	Pedreira x	Nº de página	2/2
CAE Rev.3 :	08121	Nº de processo	

Descrição das actividades do trabalhador na empresa, estabelecimento ou serviço	Tempo de amostragem (minuto) na medição de ruído T_e	Tk Tempo de Exposição (hora/dia) ao ruído "k" <small>Nota: Quando seja necessário medir separadamente "k" ruídos diferentes será: $T_e = \sum T_k$</small>	L _{Aeq, Te} em dB(A)	L _{Cpico} em dB(C)
Nome da zona de trabalho:				
Pedreira				
a) condutor da Pá Carregadora	119,7	8	72,7	131,7
	99,9		72,4	130,2
	85,4		72,5	129,1
	81,7		71,7	130,1
	121,3		73,1	131,6
VALORES FINAIS		Total de horas de trabalho $T_0 = 8 \text{ h/dia}$	Exposição pessoal diária $L_{Ex,8h} = 72,5 \text{ dB(A)}$	$L_{Cpico} = 131,7 \text{ dB(C)}$

Nome do autor da avaliação:	Ana Sofia Coelho	CAP:
Assinatura: _____		

5 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Depois de identificar as tarefas em cada amostra, fez-se uma análise detalhada de forma a detetar acontecimentos relevantes que definissem padrões. Após decomposição e estudo de cada tarefa nas diferentes bandas de frequência de oitava, foi possível detetar padrões de ruído na operação de carga realizada tanto pelo *Dumper* como pela *Pá Carregadora*.

Na continuação do trabalho foi necessário relacionar todos os valores e dados possíveis a partir de cálculos e gráficos auxiliares que serão apresentados e discutidos nos pontos seguintes.

5.1 Dumper

Em relação ao ciclo de transporte realizado pelo *Dumper*, da identificação das tarefas foi possível detetar o número total de ciclos de transporte efetuados ao longo da amostra recolhida. Na Figura 22, por exemplo, foi possível identificar 10 ciclos de transporte.

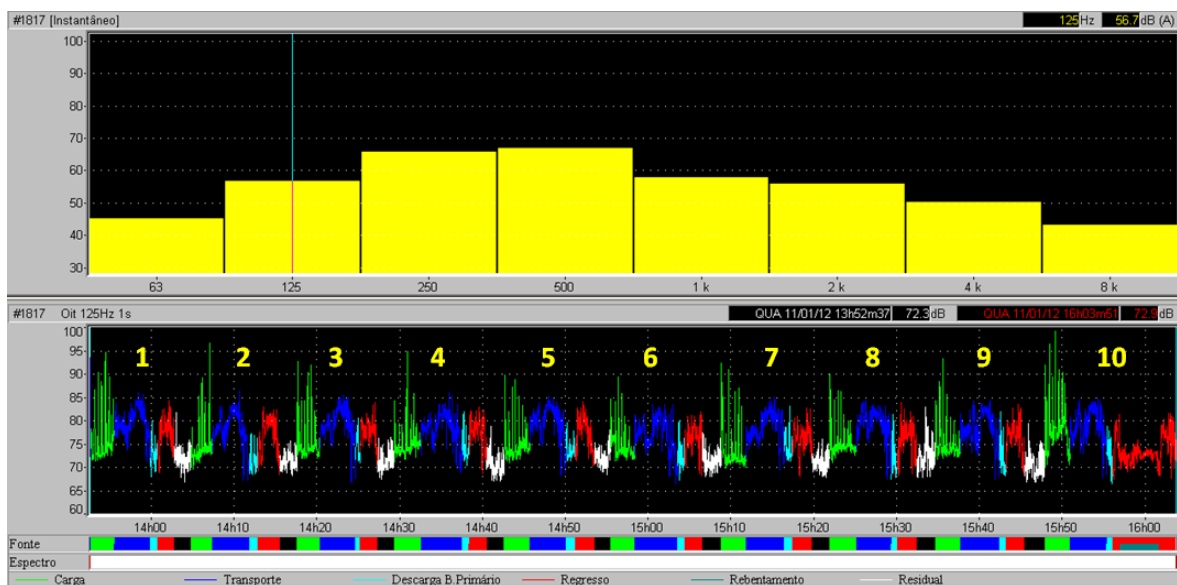


Figura 22 – Gráfico da amostra L69 com identificação das tarefas e o número de ciclos (Dumper)

Na Figura 20, que representa a comparação do terceiro e sétimo ciclo de transporte (amostra L69) na banda de frequência de 125Hz, foi possível detetar que o número total de valores mais altos corresponde ao número de baldes descarregados por uma pá (Figura 23). Esses valores pico de ruído ocorreram sempre associados à tarefa de carga devido à queda do material na báscula do *Dumper*. Este fenómeno foi também perceptível noutro estudo, [Ferreira, Branco and Baptista 2011]. A banda de frequência de 125Hz não foi escolhida ao acaso mas sim por ser esta onde melhor se destaca este acontecimento, visto que o discrimina melhor que qualquer outra banda de frequência.



Figura 23 – Correspondência dos valores pico ao número de baldes descarregados (Dumper)

Na perspectiva de encontrar mais padrões de ruído, foi necessário recorrer a outros métodos para além do apresentado.

Começou por se representar graficamente a distribuição de amplitude para cada tarefa em dB(A) (Figura 24). Os gráficos apresentam, para a totalidade das amostras recolhidas, a percentagem de vezes em que foram atingidos os diferentes níveis de pressão sonora contínua equivalente, com ponderação em intervalos de 1 dB(A) entre 64 dB(A) e 84 dB(A). Da sua análise verifica-se que as tarefas de transporte, descarga no britador primário, regresso e descarga de água apresentam uma distribuição mais simétrica do que as restantes.

De seguida, fizeram-se quadros resumo, para cada amostra, especificando os seguintes parâmetros:

- L_{Aeq} (dB(A));
- L_{Aeq} mínimo;
- L_{Aeq} máximo;
- Desvio padrão;
- Duração acumulada;
- Percentagem de tempo;
- Percentagem de tempo em actividade produtiva; e
- Percentagem de tempo em actividade não produtiva.

A “actividade produtiva” consiste no somatório das operações de carga, transporte, descarga no britador primário e regresso. A “actividade não produtiva” representa o somatório dos periodos de paragem, descarga de água e do residual.

A Tabela 25 ilustra um exemplo de um quadro resumo da amostra L69. O conjunto total dos quadros resumo em função de cada amostra no *Dumper*, segue no Anexo VII.

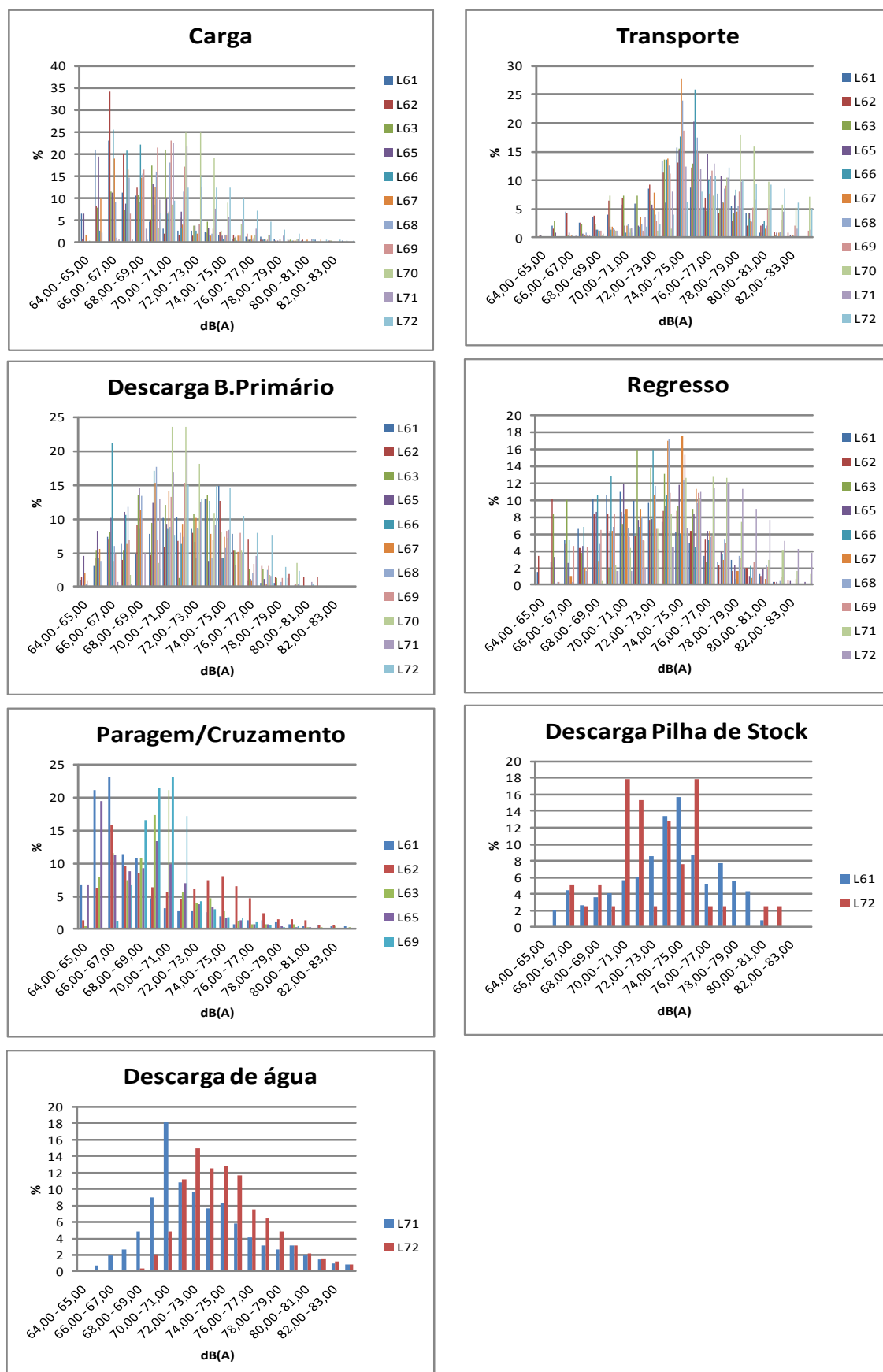


Figura 24 – Distribuição de amplitude em dB(A) de cada operação (Dumper)

Tabela 25 – Quadro resumo em função da amostra L69 (Dumper)

Arquivo	L69					
Início	11-01-2012 13:52					
Fim	11-01-2012 16:16					
Tipo	Peso	Unidade	Leq	Lmin	Lmax	Desvio padrão
Leq	A	dB	74,8	63,5	86,4	3,8

Arquivo	L69						
Tipo de dados	Leq						
Ponderação	A						
Início	11-01-2012 13:52						
Fim	11-01-2012 16:16						
	Leq específico	Leq (parcial)	Lmin	Lmax	Desvio padrão	Duração acumulada	Porcentagem tempo
Fonte	dB	%	dB	dB	dB	hh:mm:ss	%
Carga	71,4	9,4	66,5	84,5	2,2	0:29:58	21%
Transporte	77,4	56,7	66,1	86,4	3	0:45:34	32%
Descarga B.Primário	72,8	3,8	63,5	81	3,1	0:08:35	6%
Regresso	75,5	18,8	65,4	82,9	3,1	0:23:23	16%
Rebentamento	68,7	0,8	65,4	74,6	1,6	0:04:43	3%
Residual	71,6	10,5	65,8	81,7	2,7	0:31:46	22%
Global	74,8	100	63,5	86,4	3,8	2:23:59	100%
Actividade Produtiva							75%
Actividade não produtiva							25%

Dos quadros resumo em função de cada amostra, deteta-se que as percentagem do valor residual variam entre as amostras recolhidas porque houve trajectos em que as manobras de posicionamento do *Dumper* só podiam ser feitas de marcha-atrás e conforme se avançava na remoção do material da frente de desmonte a distância a percorrer de marcha-atrás aumentava. Logo, quanto maior for o valor residual (valor relativo às manobras de posicionamento), maior a percentagem da actividade não produtiva.

Da Tabela 25 verifica-se que, o tempo de transporte é superior ao tempo de regresso pois a viagem de transporte é feita com o *Dumper* cheio e como faz mais esforço demora assim mais tempo, sendo excepção a amostra L61 (ver Tabela 26) porque é a amostra com maior percentagem de paragem (14%) onde as paragens foram feitas durante a tarefa de regresso. Para esta situação contribuiu o facto de durante da amostra L61 estarem dois *Dumpers* a fazer o mesmo ciclo de transporte o que obrigava a tempos de paragem para ser possível o cruzamento entre os dois veículos.

Tendo sido analisados os parâmetros, dentro da mesma amostra, posteriormente fez-se a comparação destes parâmetros em cada tarefa definida, como se pode ver na Tabela 26.

Tabela 26 – Quadro resumo em função das operações (Dumper)

Fonte						
Carga						
Tipo de dados	Leq					
Ponderação	A					
Início	07-12-2011 10:22					
Fim	12-01-2012 16:06					
Arquivo	Leq específico	Lmin	Lmax	Desvio padrão	Duração parcial	Duração amostra
	dB	dB	dB	dB	%	hh:mm:ss
L61	73,3	63,7	93,4	4,3	32%	1:21:14
L62	71,7	64,3	89,7	3,6	35%	0:57:30
L63	72,2	64,5	86,2	3,3	35%	0:26:08
L65	70,6	63,3	91,2	3,2	33%	1:49:41
L66	70,8	65,7	85,5	2,8	33%	0:10:30
L67	71,7	63,8	86,6	3,6	34%	1:41:47
L68	71	64,5	85,7	2,6	25%	1:56:59
L69	71,4	66,5	84,5	2,2	21%	2:23:59
L70	73,1	64,8	80	1,8	34%	0:11:19
L71	73,3	62,1	85	2,7	29%	1:29:18
L72	75,2	64,6	90,1	2,9	29%	2:27:30

Fonte						
B.Primário						
Tipo de dados	Leq					
Ponderação	A					
Início	07-12-2011 10:22					
Fim	12-01-2012 16:06					
Arquivo	Leq específico	Lmin	Lmax	Desvio padrão	Duração parcial	Duração amostra
	dB	dB	dB	dB	%	hh:mm:ss
L61	72,7	62,5	79,7	3,2	9%	1:21:14
L62	74	64,5	81,7	3,9	7%	0:57:30
L63	72,4	65,4	78,1	3,3	5%	0:26:08
L65	70,7	62,4	78,1	3,1	6%	1:49:41
L66	70,2	63,2	74,1	2,7	7%	0:10:30
L67	71,5	64,4	77,6	2,8	7%	1:41:47
L68	71,8	61,8	79,9	3,1	7%	1:56:59
L69	72,8	63,5	81	3,1	6%	2:23:59
L70	73,1	67,5	79,8	2,2	8%	0:11:19
L71	73,1	62	84,5	2,5	8%	1:29:18
L72	74,7	68,8	81	2,4	8%	2:27:30

Fonte						
Transporte						
Tipo de dados	Leq					
Ponderação	A					
Início	07-12-2011 10:22					
Fim	12-01-2012 16:06					
Arquivo	Leq específico	Lmin	Lmax	Desvio padrão	Duração parcial	Duração amostra
	dB	dB	dB	dB	%	hh:mm:ss
L61	75,2	62,8	82,2	3,3	18%	1:21:14
L62	75,1	63,9	84,6	3,7	32%	0:57:30
L63	74,8	63,6	81,6	3,4	15%	0:26:08
L65	76,3	63,9	85,4	3	26%	1:49:41
L66	76	68	80,7	2,3	32%	0:10:30
L67	75,7	64,4	83,4	2,5	32%	1:41:47
L68	76	64,1	84,1	2,6	35%	1:56:59
L69	77,4	66,1	86,4	3	32%	2:23:59
L70	79,9	68,5	85	3,2	45%	0:11:19
L71	77,6	64,2	85,6	3,2	25%	1:29:18
L72	79,6	65,1	87,4	3,3	26%	2:27:30

Fonte						
Regresso						
Tipo de dados	Leq					
Ponderação	A					
Início	07-12-2011 10:22					
Fim	12-01-2012 16:06					
Arquivo	Leq específico	Lmin	Lmax	Desvio padrão	Duração parcial	Duração amostra
	dB	dB	dB	dB	%	hh:mm:ss
L61	74,5	64,2	83,3	3,7	24%	1:21:14
L62	74,5	64,2	84,5	3,5	18%	0:57:30
L63	73	65,4	76,8	2,5	15%	0:26:08
L65	74,3	63,8	84,8	3,7	18%	1:49:41
L66	73	66,3	79,7	3,1	21%	0:10:30
L67	74,1	65,5	81,5	2,6	17%	1:41:47
L68	74,8	64,9	83,2	3,1	17%	1:56:59
L69	75,5	65,4	82,9	3,1	16%	2:23:59
L70	-	-	-	-	-	0:11:19
L71	77,5	67,4	86,4	3,4	13%	1:29:18
L72	78,9	63,7	86,4	3,4	13%	2:27:30

Fonte						
Pilha de Stock						
Tipo de dados	Leq					
Ponderação	A					
Início	07-12-2011 10:22					
Fim	12-01-2012 16:06					
Arquivo	Leq específico	Lmin	Lmax	Desvio padrão	Duração parcial	Duração amostra
	dB	dB	dB	dB	%	hh:mm:ss
L61	70,8	63,7	76,1	3,6	1%	1:21:14
L72	74,3	66,3	81,6	3,4	0%	2:27:30

Fonte						
Descarga de Água						
Tipo de dados	Leq					
Ponderação	A					
Início	07-12-2011 10:22					
Fim	12-01-2012 16:06					
Arquivo	Leq específico	Lmin	Lmax	Desvio padrão	Duração parcial	Duração amostra
	dB	dB	dB	dB	%	hh:mm:ss
L71	75,3	63,2	86,6	3,9	17%	1:29:18
L72	76,2	65,5	86,5	3,1	14%	2:27:30

Fonte						
Paragem/Cruzamento						
Tipo de dados	Leq					
Ponderação	A					
Início	específico					
Fim	dB					
Arquivo	Leq específico	Lmin	Lmax	Desvio padrão	Duração parcial	Duração amostra
	dB	dB	dB	dB	%	hh:mm:ss
L61	69,8	64,5	78,6	2,2	14%	1:21:14
L62	66,9	63,2	73,6	1,8	5%	0:57:30
L63	67,2	65,5	73,8	1,4	3%	0:26:08
L65	71,2	64,2	84,1	3,1	7%	1:49:41
L66	-	-	-	-	-	0:10:30
L67	-	-	-	-	-	1:41:47
L68	-	-	-	-	-	1:56:59
L69	68,7	65,4	74,6	1,6	3%	2:23:59
L70	-	-	-	-	-	0:11:19
L71	-	-	-	-	-	1:29:18
L72	-	-	-	-	-	2:27:30

Da análise dos dois tipos de quadros resumo, em função da amostra e em função de cada tarefa, verifica-se que todos os valores obtidos para o ruído no *Dumper* com janelas fechadas e porta fechada, encontram-se dentro dos limites legais.

Perante estes resultados, fez-se uma comparação com o estudo realizado na Turquia [Sensogut and Cinar 2007] relativo aos níveis de ruído a que estão expostos os operadores dos *Dumpers* (janelas fechadas e porta fechada). Apresenta-se essa comparação na Tabela 27.

Tabela 27 – Comparação dos níveis de ruído a que estão expostos os operadores dos Dumpers

Operação	Autor: [Coelho 2012]	Autor: [Sensogut and Cinar 2007]
	L_{Aeq} [dB(A)]	L_{Aeq} [dB(A)]
Carga	72,2	72,5
Transporte	76,7	77,1
Descarga	72,5	76,0
Regresso	75,0	77,8
Paragem	68,8	66
Ciclo completo	74,6	73,3

Da Tabela 27, verifica-se que os valores são relativamente idênticos. É importante referir que nesta tabela apresentam-se apenas os parâmetros que existem em comum nos dois estudos. Segundo [Sensogut and Cinar 2007] o “ciclo completo” é constituído por mais parâmetros logo faz com que haja alguma diferença no nível de pressão sonora final.

A este tratamento feito aos dados recolhidos, seguiu-se a análise em frequência em dB(A) sob a forma de gráficos apresentados na Figura 25 e em dB na Figura 26. Depois da sua observação, conclui-se que os gráficos relativos à análise por frequência em dB(A) apresentam uma configuração simétrica principalmente nas tarefas de transporte, descarga no britador primário, descarga de água e regresso. A forma dos gráficos referentes à análise por frequência em dB exibe um formato descendente pelo facto de os valores não serem ponderados com o filtro A.



Figura 25 – Análise por frequência em dB(A) (Dumper)



Figura 26 – Análise por frequência em dB (Dumper)

A análise por frequência teve como finalidade a detecção de padrões de ruído. Para obter uma melhor percepção na detecção de padrões, fez-se uma análise através de gráficos de dispersão para cada tarefa que constitui o ciclo de transporte feito pelo *Dumper*.

Nesta fase não tem relevância considerar o nível de pressão sonora com ponderação A pois como já foi referido anteriormente, a ponderação A deve ser considerada essencialmente na determinação do nível de exposição ao ruído do ser humano. Tendo este facto em atenção, os gráficos de dispersão foram construídos com base nos valores do nível de pressão sonora em linear (dB).

A Figura 27 apresenta a comparação das tarefas que constituem o ciclo de transporte do *Dumper*. As tarefas foram agrupadas em três grupos, o grupo das situações em que o *Dumper* está parado a executar uma tarefa (carga, descarga no britador primário, descarga na pilha de stock e descarga de água), a situação em que está apenas parado, e o grupo das situações em que está em movimento (transporte e regresso). De uma análise preliminar desta figura não sobressai nenhuma distinção evidente entre os três grupos o que torna esta análise não conclusiva.

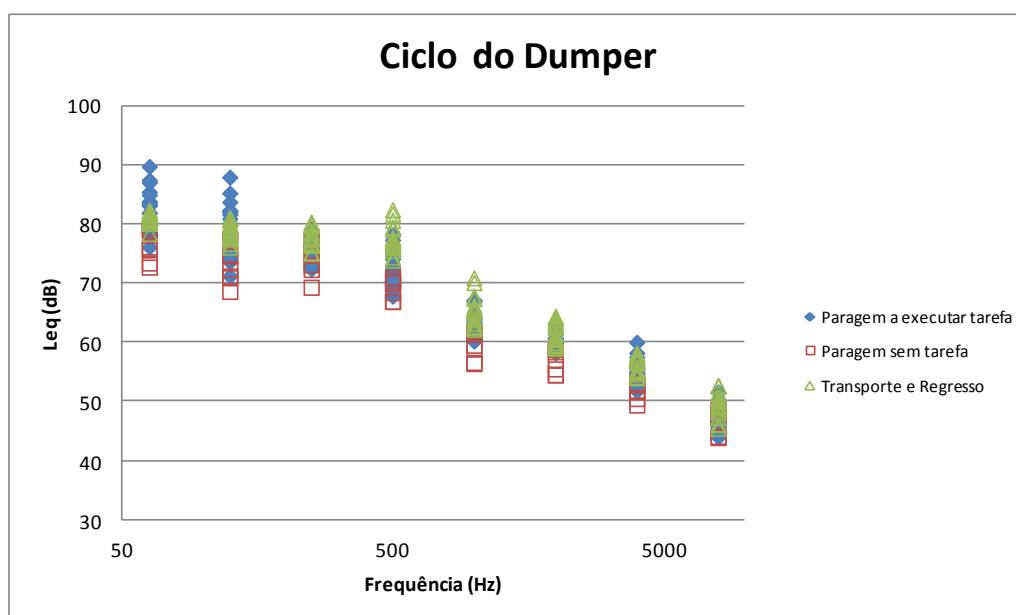


Figura 27 – Comparação das tarefas que constituem o ciclo de transporte

Dando continuidade na busca da detecção de padrões, procedeu-se a uma análise de regressão na tentativa de ajustar uma linha de tendência.

A linha de tendência serve para verificar se as amostras divergem muito entre si, sendo essa verificação feita através do cálculo do coeficiente de determinação R^2 . O valor de R^2 quanto mais próximo de 1 for, maior a reprodutividade, o que significa que o desvio é menor.

A Figura 28 representa o ajuste de uma linha de tendência para cada tarefa constituinte do ciclo de transporte feito pelo *Dumper*. A linha é do tipo logarítmica e apresenta, na maioria

das tarefas, um coeficiente de determinação superior a 0,9 o que corresponde a um bom ajuste da linha de dados.

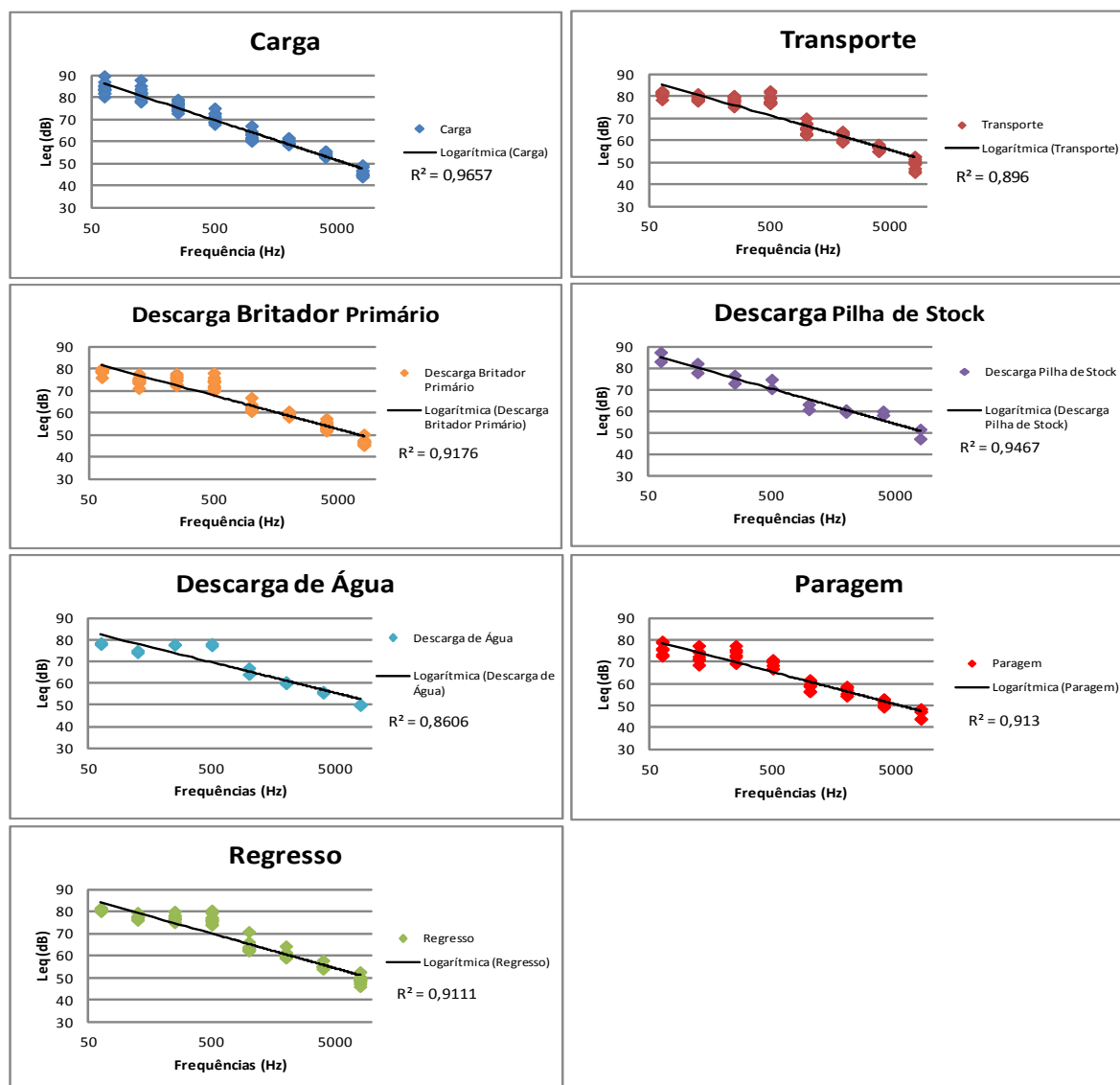


Figura 28 – Ajuste da linha tendência de cada tarefa (Dumper)

Verifica-se, da análise individual dos gráficos da Figura 28, que apesar de cada ajuste apresentar um R^2 elevado o ajuste não é o ideal, principalmente para os valores correspondentes às frequências de 63 e 500 Hz. Considera-se que existe um bom ajuste não só através do valor de R^2 mas também quando a linha passa pelo centro do conjunto de valores. A tarefa carga é a única em que se verifica essa situação. Nas tarefas de transporte, descarga no britador primário, descarga de água, paragem e de regresso, verificou-se que todos os valores correspondentes às frequências de 63 e 500 Hz encontram-se acima ou abaixo da linha de tendência. Isto leva a concluir que perante estes valores, o ajuste da linha de tendência não é suficientemente claro para definir padrões de ruído.

Perante estes resultados, fez-se então uma comparação dos gráficos de dispersão das diferentes tarefas. Considerando que a situação de paragem do *Dumper* é a situação em que não há influência do meio envolvente, considerou-se esta tarefa como tarefa padrão para comparar com as restantes, como se pode visualizar nos gráficos da Figura 29.

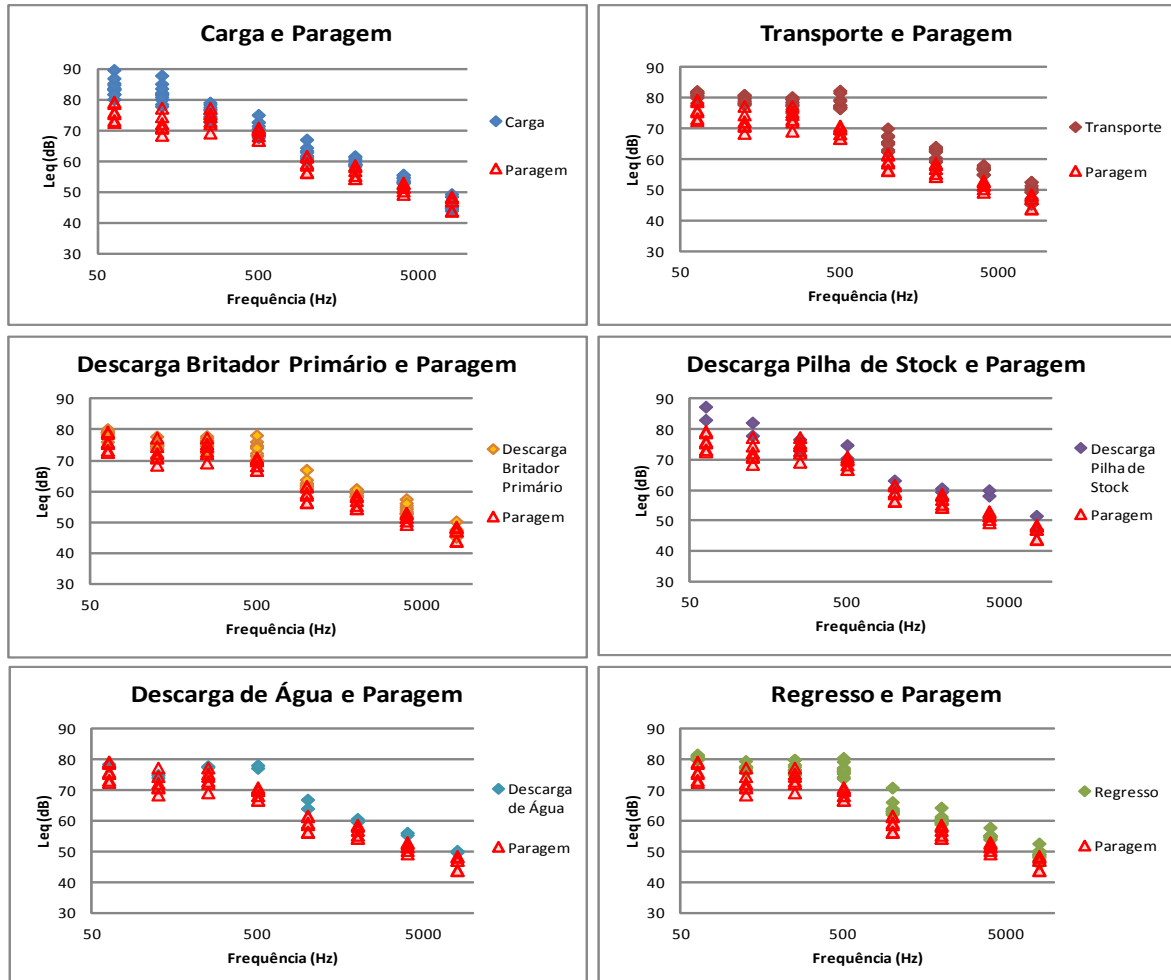


Figura 29 – Comparação de cada tarefa com a situação de paragem (Dumper)

As ilações retiradas da análise, tanto da figura 28 como da figura 29, são:

- Os valores apresentados nas tarefas de descarga no britador primário ou de água são muito idênticos;
- A tarefa descarga na pilha de stock apresenta níveis de ruído mais elevados do que as outras tarefas que incluem operações de descargas, porque esta tarefa trata da descarga de material de grandes dimensões (enrocamento para obras marítimas);
- Nas baixas frequências, os níveis mais elevados foram atingidos com a operação de carga e descarga na pilha de stock;
- O transporte e o regresso são praticamente iguais talvez devido à velocidade de circulação ser a mesma. Era esperada uma diferença mais notória devido ao facto de uma situação ir em carga e regressar em vazio mas isso não se confirmou;

- Na generalidade, as tarefas apresentam uma amplitude de níveis de ruído maior nas baixas frequências do que nas altas frequências.

Da comparação feita com a situação de paragem apresentada na Figura 29, nota-se que as tarefas de Carga, Transporte e de Regresso apresentam níveis de pressão sonora ligeiramente mais elevados. Apenas na frequência de 500 Hz nas tarefas de Transporte, Descarga de Água e de Regresso se distingue perfeitamente o padrão de ruído. As medições efetuadas em períodos de paragem do *Dumper* apresentam algumas oscilações e o ideal seria observar os pontos coincidentes com a linha de tendência (ver Figura 28). Essa oscilação faz com que haja sobreposição com os níveis das restantes tarefas não sendo possível, em certas frequências, a sua distinção.

Perante estes resultados, procedeu-se ainda ao cálculo da variância para cada tarefa (Figura 30) mas conclui-se que em algumas frequências obteve-se variâncias altíssimas.

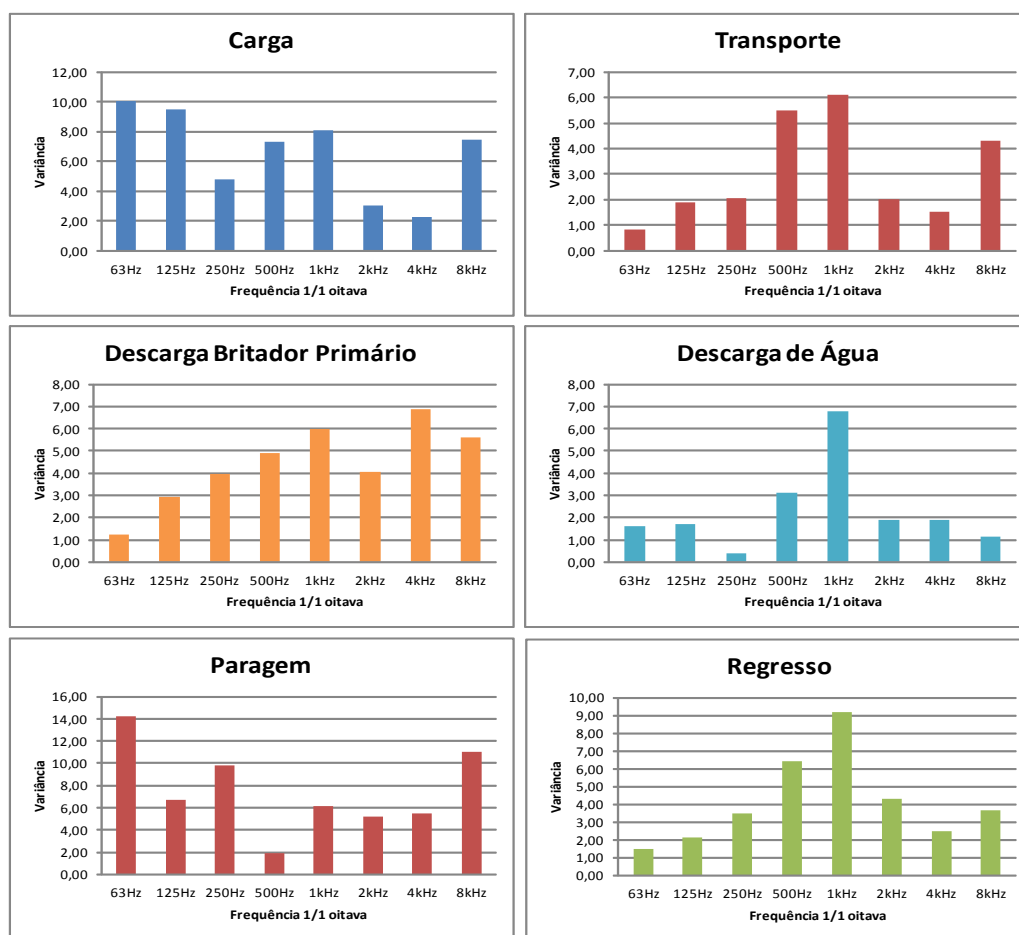


Figura 30 – Variância de cada tarefa (Dumper)

Perante esta análise, conclui-se que futuramente deveriam ser feitas medições nas situações em que o *Dumper* esteja parado sem influência do meio ambiente. As medições realizadas neste trabalho foram determinadas num contexto de um dia normal de trabalho na rotina normal da atividade da pedreira o que implica que possam surgir sempre acontecimentos que dificultaram a deteção dos padrões de ruído.

5.2 Pá Carregadora

No ciclo de carga realizado pela Pá Carregadora, com a identificação das tarefas não foi possível detetar o número de ciclos pois neste caso trata-se de uma operação que inclui tarefas que dependem essencialmente da produção da pedreira e da expedição (ver Figura 31). É na banda de frequência de 1 KHz que melhor se destacam os valores pico de ruído, ocorrendo estes valores associados à tarefa de carga dos camiões. Esses valores pico correspondem ao abrir e fechar a porta da cabine para assinar uma guia de autorização de carga. Concluiu-se também que o número total de valores mais baixos ocorridos em cada carga efetuada corresponde ao número de baldes descarregados no camião, como se pode ver na Figura 32 relativa à terceira carga da amostra L7.

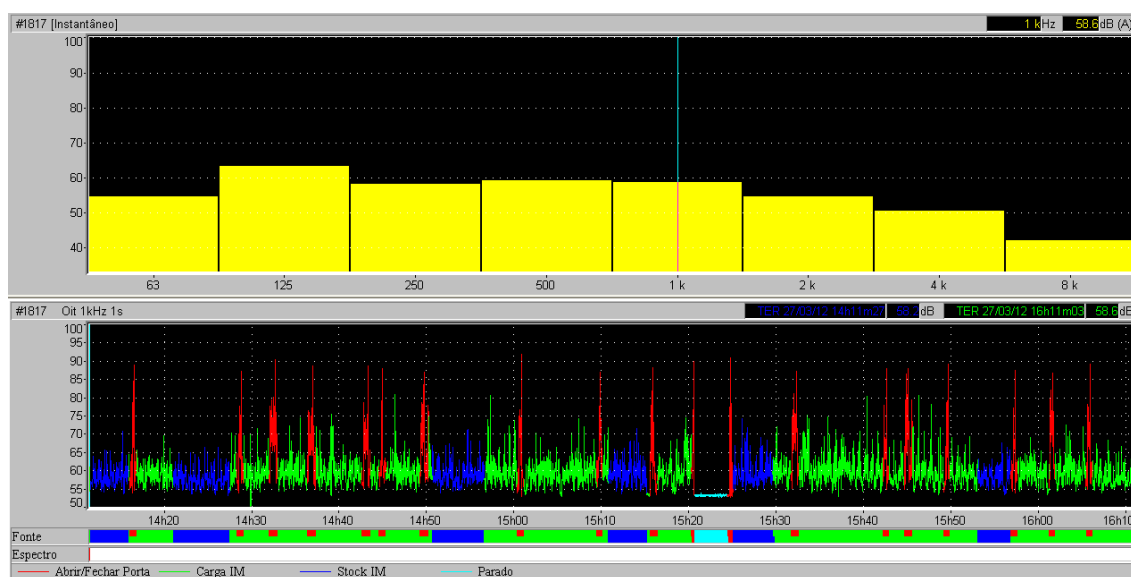


Figura 31 – Gráfico da amostra L7 com a identificação das tarefas (Pá Carregadora)

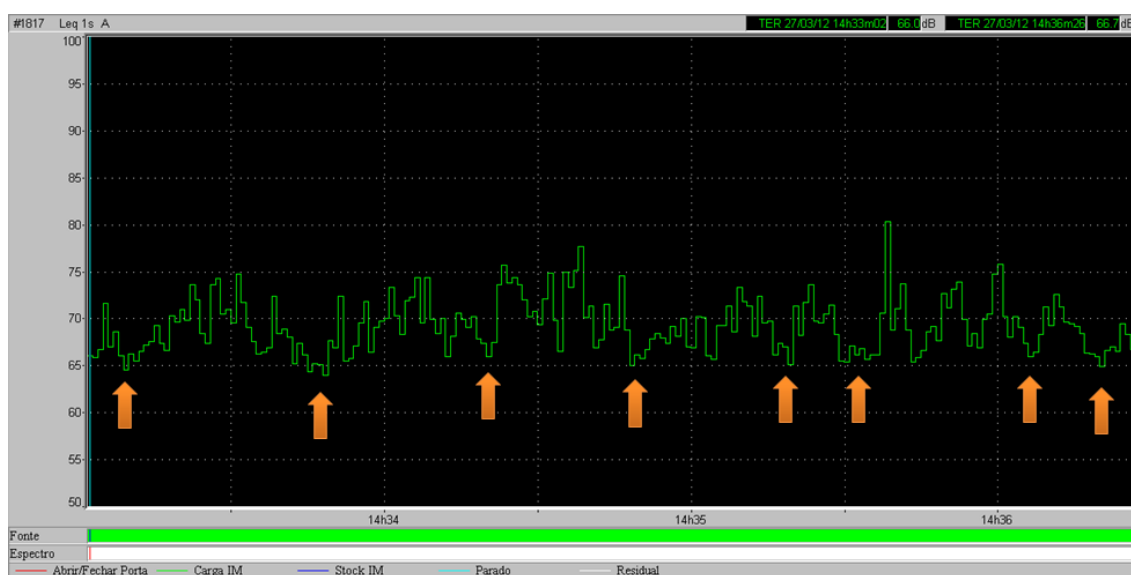


Figura 32 – Correspondência dos valores mais baixos ao número de baldes descarregados

A Figura 33 representa a distribuição de amplitude de cada tarefa, para a totalidade das amostras recolhidas, onde se pode observar a percentagem de vezes em que foram atingidos os diferentes níveis de pressão sonora contínua equivalente, com ponderação em intervalos de 1 dB(A) entre 60 dB(A) a 87 dB(A). Neste caso nota-se que os gráficos relativos às tarefas:

- Abrir/fechar da porta, carga e alimentação de areias, apresentam uma configuração típica de uma distribuição assimétrica positiva (uma medida de estatística);
- Arrumação de stock, descarga no britador primário e deslocação à instalação de britagem nova, mostram uma forma a tender para uma distribuição normal;
- Paragem, não é conclusivo visto que só se encontra esta tarefa em apenas duas situações.

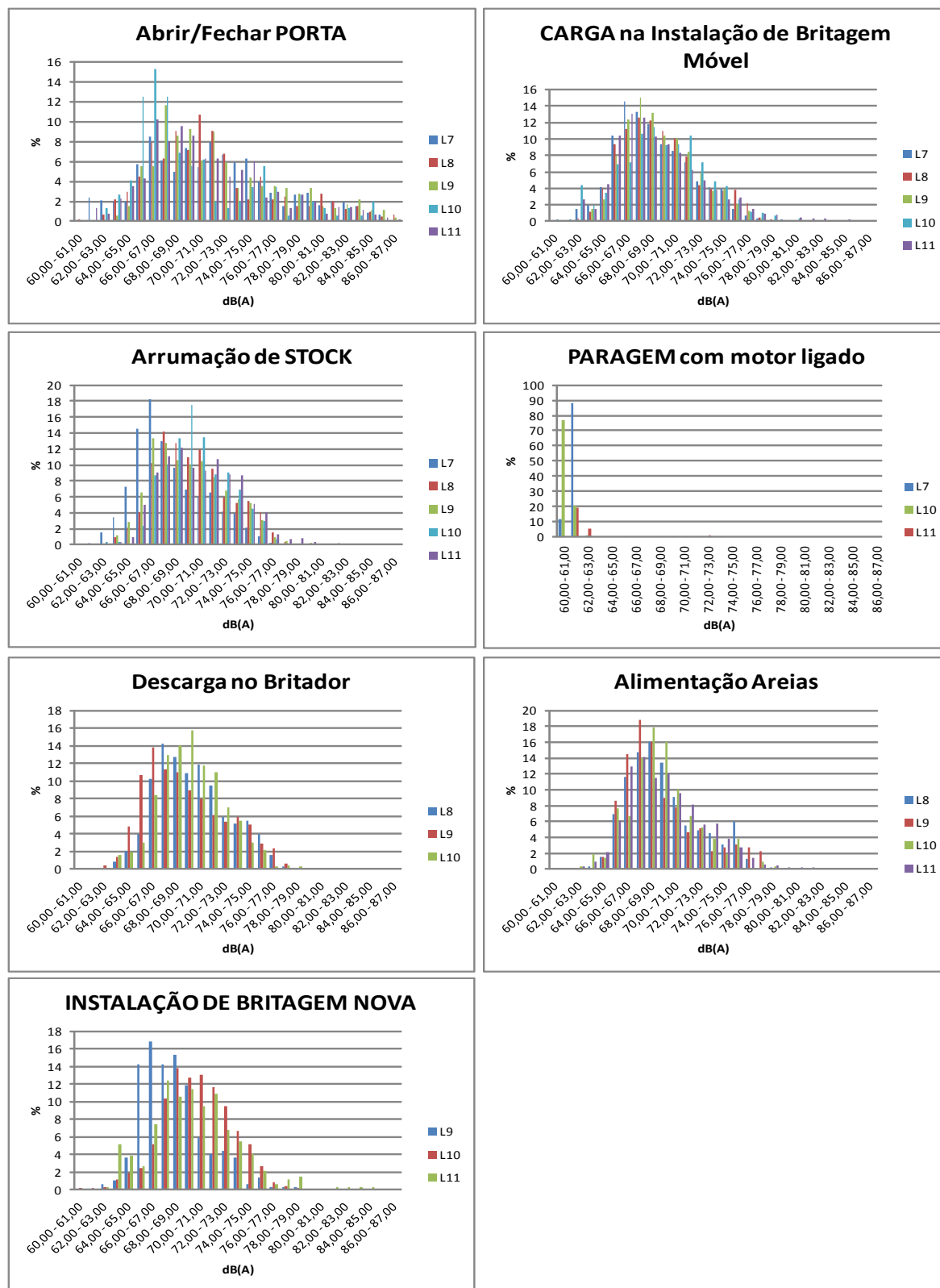


Figura 33 – Distribuição de amplitude em dB(A) de cada operação (Pá Carregadora)

A Tabela 28 ilustra o quadro resumo da amostra L7. A “actividade produtiva” consiste no somatório das operações de carga na instalação móvel (Carga IM), descarga no britador (Britador IM), alimentação na instalação de lavagem de areias (A. Areiras) e tarefas na

instalação nova (IN). A “atividade não produtiva” representa o somatório dos períodos de paragem, abrir/fechar porta e arrumação de stock na instalação móvel (Stock IM).

Tabela 28 – Quadro resumo em função da amostra L7 (Pá Carregadora)

Arquivo	L7					
Início	27-03-2012 14:03					
Fim	27-03-2012 16:13					
Tipo	Peso	Unidade	Leq	Lmin	Lmax	Desvio padrão
Leq	A	dB	72,7	58,5	96,5	4,1

Arquivo	L7						
Tipo de dados	Leq						
Ponderação	A						
Início	27-03-2012 14:03						
Fim	27-03-2012 16:13						
	Leq específico	Leq (parcial)	Lmin	Lmax	Desvio padrão	Duração acumulada	Porcentagem tempo
Fonte	dB	%	dB	dB	dB	hh:mm:ss	%
Abrir/Fechar Porta	79,1	55,3	61	96,5	6,3	0:15:15	13%
Carga IM	70,2	33,4	58,5	83,6	3,1	1:11:01	59%
Stock IM	69,2	11	61,1	79,6	2,9	0:29:39	25%
Parado	61,2	0,2	60,8	61,7	0,1	0:03:45	3%
Global	72,7	100	58,5	96,5	4,1	1:59:40	100%
Actividade Produtiva							59%
Actividade não produtiva							41%

O operador da Pá Carregadora quando faz a carga dos camiões, abre sempre a porta para receber e assinar a guia de autorização de carga emitida pelo responsável da balança que se situa na entrada das instalações da pedreira. Este procedimento faz com que, na amostra L7 por exemplo, o operador esteja 13% do tempo total da amostragem a abrir e a fechar a porta da cabine. Quanto maior for a percentagem de abrir/fechar a porta, maior a percentagem de actividade não produtiva.

O conjunto total dos quadros resumo em função de cada amostra recolhida na *Pá Carregadora*, seguem no Anexo VIII.

De seguida, apresenta-se a comparação de todos os parâmetros considerados na operação de carga feita pela Pá Carregadora em função de cada tarefa detetada (Tabela 29).

Tabela 29 – Quadro resumo em função das tarefas (Pá Carregadora)

Fonte							
Abrir/Fechar Porta							
Tipo de dados							
Ponderação							
A							
Início							
27-03-2012 14:03							
Fim							
29-03-2012 16:20							
Arquivo	Leq	Lmin	Lmax	Desvio	Duração	Duração	
	específico			padrão	parcial	amostra	
	dB	dB	dB	dB	%	hh:mm:ss	
L7	79,1	61	96,5	6,3	13%	1:59:40	
L8	79,7	60,2	94,5	6,3	7%	1:39:54	
L9	78,7	63,6	94,4	5,9	9%	1:25:21	
L10	79,1	62,7	93,9	6,4	3%	1:21:42	
L11	78,2	54	96,2	6,3	9%	2:01:15	

Fonte							
Stock IM							
Tipo de dados							
Ponderação							
A							
Início							
27-03-2012 14:03							
Fim							
29-03-2012 16:20							
Arquivo	Leq	Lmin	Lmax	Desvio	Duração	Duração	
	específico			padrão	parcial	amostra	
	dB	dB	dB	dB	%	hh:mm:ss	
L7	69,2	61,1	79,6	2,9	25%	1:59:40	
L8	71	62,4	82,9	3	24%	1:39:54	
L9	71,4	63,2	93,6	3,2	37%	1:25:21	
L10	70,9	62,8	76,8	2,5	14%	1:21:42	
L11	71,8	54,4	94,6	4,2	21%	2:01:15	

Fonte							
Britador IM							
Tipo de dados							
Ponderação							
A							
Início							
28-03-2012 10:08							
Fim							
29-03-2012 12:01							
Arquivo	Leq	Lmin	Lmax	Desvio	Duração	Duração	
	específico			padrão	parcial	amostra	
	dB	dB	dB	dB	%	hh:mm:ss	
L8	71,3	62,6	82,5	3,3	13%	1:39:54	
L9	70,7	62,7	78,5	3,3	12%	1:25:21	
L10	70,7	62,9	80,9	2,7	23%	1:21:42	

Fonte							
Carga S							
Tipo de dados							
Ponderação							
A							
Início							
28-03-2012 10:08							
Fim							
29-03-2012 16:20							
Arquivo	Leq	Lmin	Lmax	Desvio	Duração	Duração	
	específico			padrão	parcial	amostra	
	dB	dB	dB	dB	%	hh:mm:ss	
L8	70,2	62,7	80,6	2,9	14%	1:39:54	
L11	70,7	62	88,2	3	11%	2:01:15	

Fonte							
Carga IM							
Tipo de dados							
Ponderação							
A							
Início							
27-03-2012 14:03							
Fim							
29-03-2012 16:20							
Arquivo	Leq	Lmin	Lmax	Desvio	Duração	Duração	
	específico			padrão	parcial	amostra	
	dB	dB	dB	dB	%	hh:mm:ss	
L7	70,2	58,5	83,6	3,1	59%	1:59:40	
L8	70,9	60,9	85,8	3,2	35%	1:39:54	
L9	70,4	62,7	79,3	2,9	32%	1:25:21	
L10	71,2	59	84,6	3,8	16%	1:21:42	
L11	72,9	61,8	92,9	4,1	29%	2:01:15	

Fonte							
Parado							
Tipo de dados							
Ponderação							
A							
Início							
27-03-2012 14:03							
Fim							
29-03-2012 16:20							
Arquivo	Leq	Lmin	Lmax	Desvio	Duração	Duração	
	específico			padrão	parcial	amostra	
	dB	dB	dB	dB	%	hh:mm:ss	
L7	61,2	61	96,5	6,3	3%	1:59:40	
L10	60,9	58,7	62,2	0,3	2%	1:21:42	
L11	60,4	53,7	73,9	4,3	4%	2:01:15	

Fonte							
Alimentação Areias							
Tipo de dados							
Ponderação							
A							
Início							
28-03-2012 10:08							
Fim							
29-03-2012 16:20							
Arquivo	Leq	Lmin	Lmax	Desvio	Duração	Duração	
	específico			padrão	parcial	amostra	
	dB	dB	dB	dB	%	hh:mm:ss	
L8	70,7	63,5	78,2	2,9	7%	1:39:54	
L9	70,6	64,7	77,6	3,1	5%	1:25:21	
L10	70,4	63	78,3	2,8	4%	1:21:42	
L11	71	62,6	82	3,1	17%	2:01:15	

Fonte							
IN							
Tipo de dados							
Ponderação							
A							
Início							
27-03-2012 14:03							
Fim							
29-03-2012 16:20							
Arquivo	Leq	Lmin	Lmax	Desvio	Duração	Duração	
	específico			padrão	parcial	amostra	
	dB	dB	dB	dB	%	hh:mm:ss	
L9	69,4	62,7	78,3	2,7	5%	1:25:21	
L10	71,6	59	93,1	3	39%	1:21:42	
L11	73,5	54,4	94,6	4,2	9%	2:01:15	

Da análise dos quadros resumo, em função da amostra e em função de cada operação, verifica-se que todos os valores obtidos para o ruído no *Pá Carregadora* com janelas fechadas e porta fechada, encontram-se dentro dos limites legais.

Comparando com os resultados obtidos (ver Tabela 5 na página 9 do presente trabalho) no estudo realizado em explorações de carvão a céu aberto na Índia [Goswami 2012], publicado recentemente, verifica-se que o operador da *Pá Carregadora* avaliado neste estudo, encontra-se exposto a níveis sonoros ainda mais baixos.

Na perspetiva de detetar padrões de ruído nos dados recolhidos na avaliação da *Pá Carregadora*, fez-se análise por frequência em dB(A) (Figura 34) e em dB (Figura 35). Estes gráficos não apresentam uma configuração bem definida.

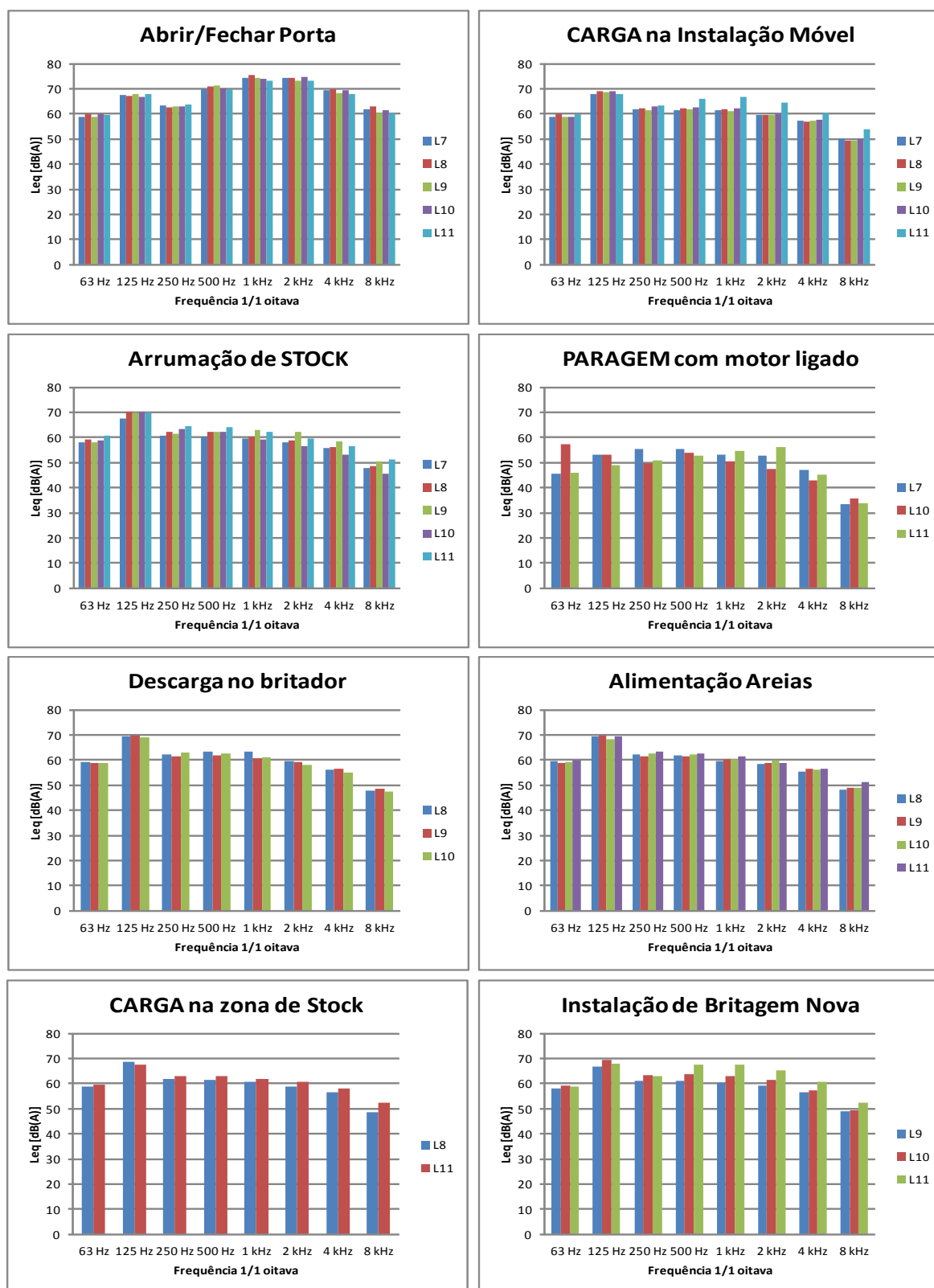


Figura 34 – Análise por frequência em dB(A) (Pá Carregadora)

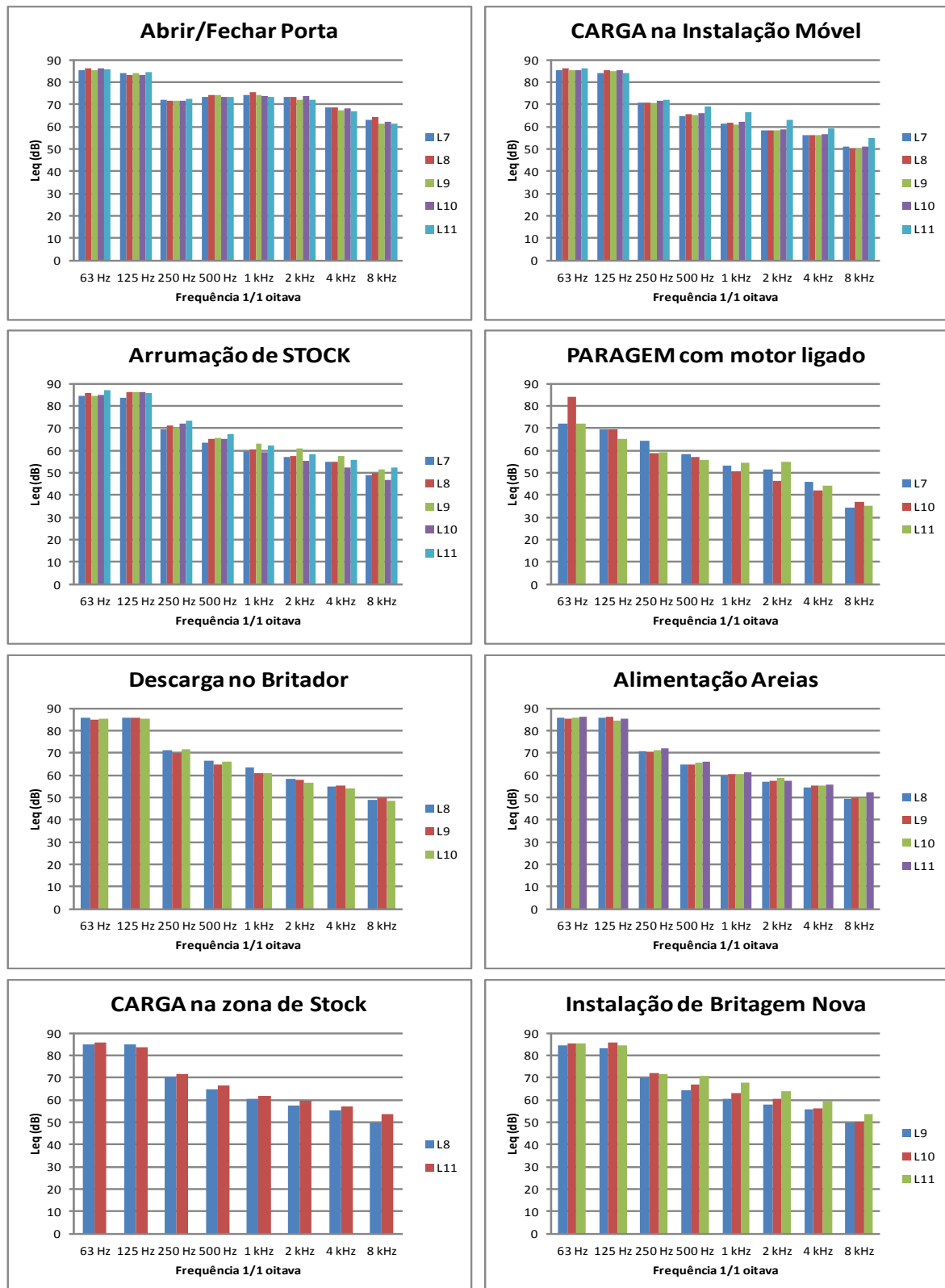


Figura 35 – Análise por frequência em dB (Pá Carregadora)

De forma a complementar a análise por frequência apresentam-se na Figura 36 os gráficos de dispersão para cada tarefa que constitui o ciclo de carga feito pela *Pá Carregadora* com base nos valores do nível de pressão sonora em linear (dB).

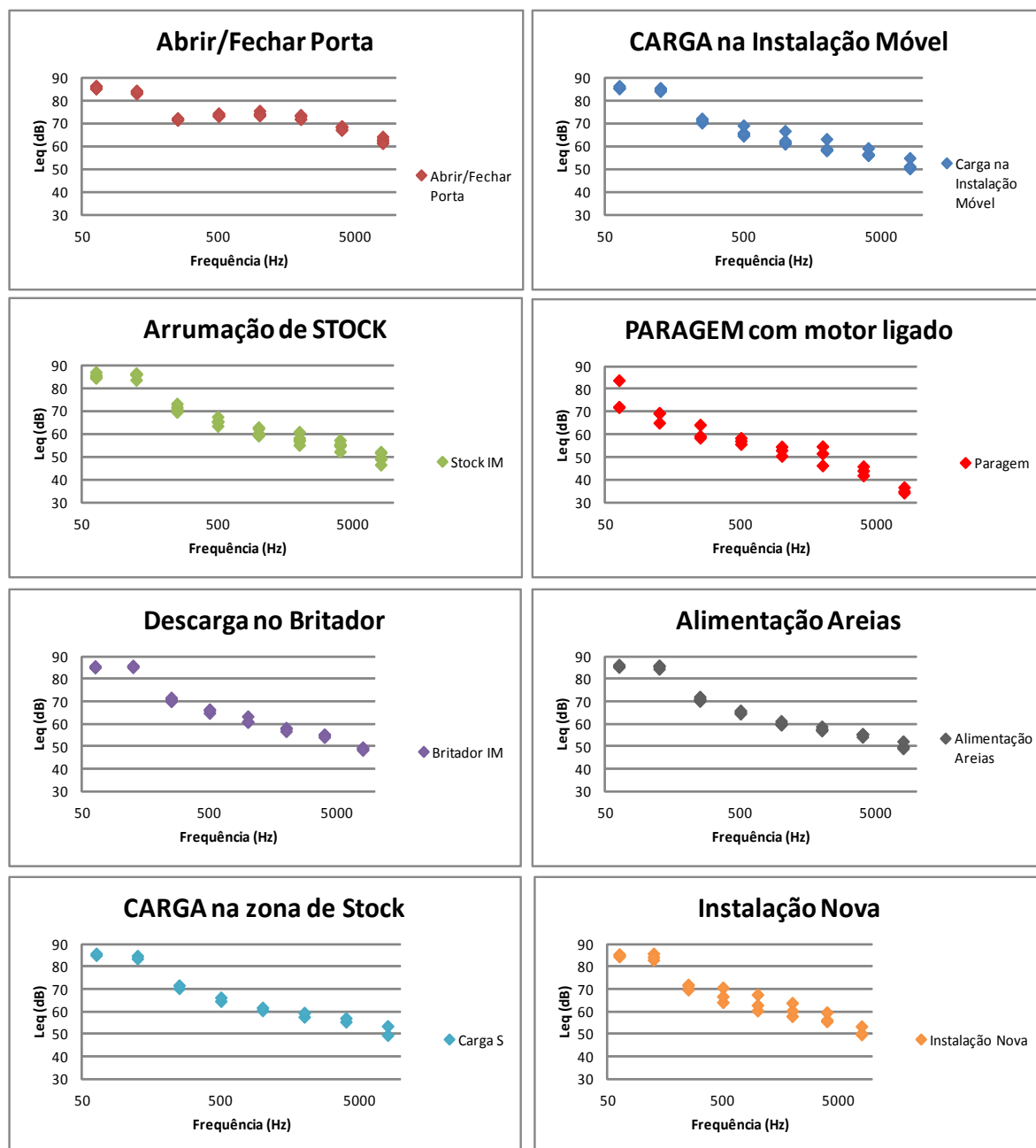


Figura 36 – Gráficos de dispersão em dB para cada tarefa (Pá Carregadora)

Aos gráficos representados na Figura 36, verificou-se, após várias tentativas e diferentes tipos de ajustes, que não se ajusta nenhum tipo de linha de tendência, concluindo-se assim que as amostras divergem muito entre si e notando-se também que em todas as tarefas, com exceção da paragem, os níveis de ruído mais altos correspondem às frequências de 63 e 125 Hz.

Durante a recolha de dados entre as anotações feitas na ficha de levantamento, encontra-se o tipo de material que estava a ser carregado/trabalhado em relação a cada tarefa e a zona em que se encontrava a *Pá Carregadora*, na perspectiva de encontrar divergências quanto ao nível de ruído. No entanto, perante os resultados obtidos concluiu-se que não existe diferença, como se pode ver através da comparação do gráfico da carga na instalação móvel e da carga na zona de stock. Logo, o tipo de material carregado não é um parâmetro que influencie os níveis sonoros produzidos.

No que respeita à análise da variância (Figura 37), verifica-se que apresenta valores díspares.

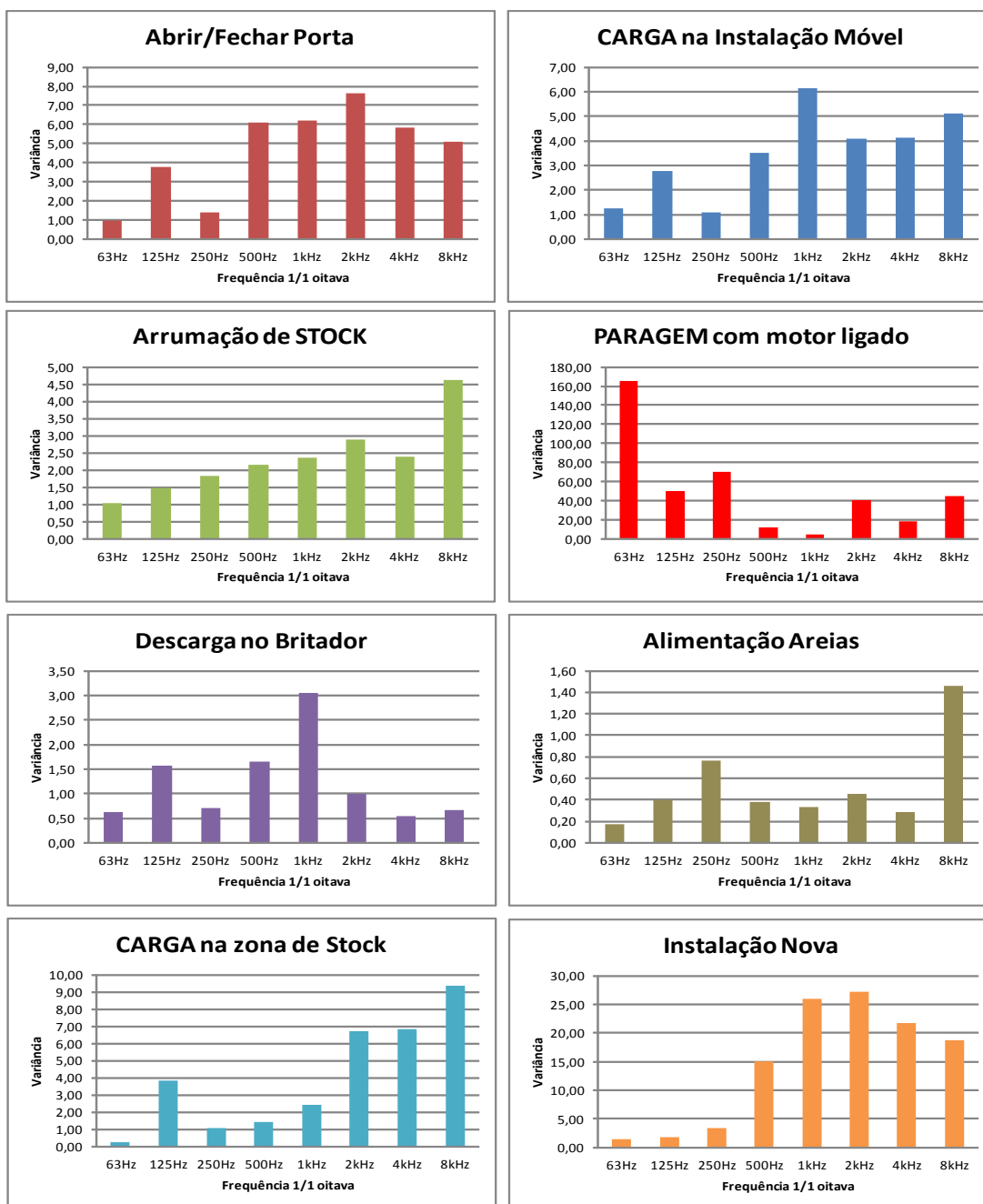


Figura 37 – Variância de cada tarefa (Pá Carregadora)

Segundo esta análise conclui-se que o número e o tipo de tarefas, realizadas pelo operador da *Pá Carregadora* num dia de trabalho, são muito variáveis. Isto faz com que para a detecção de padrões de ruído seja necessário, futuramente, uma campanha de recolha de amostras superior.

6 CONCLUSÕES

O principal objetivo deste trabalho foi detetar padrões de ruído, no interior da cabine do *Dumper* e *Pá Carregadora* numa pedreira a céu aberto, apoiando-se numa base de dados de níveis sonoros previamente recolhida e convenientemente preparada para esse fim.

Através dos dados recolhidos fez-se também a avaliação do posto de trabalho dos manobreadores desses veículos.

Este estudo foi bastante importante essencialmente do ponto de vista de contribuir para a base de dados dos níveis de ruído no interior das cabines destes equipamentos.

Da análise em frequência dos dados provenientes das medições e respetivo tratamento, conclui-se que foi possível detetar padrões de ruído na operação de carga relativo ao *Dumper* e à *Pá Carregadora*. Quanto à avaliação do posto de trabalho do manobrador verifica-se que todos os valores obtidos para o ruído no interior da cabine destes veículos encontram-se dentro dos limites legais.

Nos pontos seguintes apresentam-se as conclusões obtidas neste estudo em relação a cada um dos objetivos.

6.1 Padrões de Ruído

6.1.1 Dumper

Perante a análise feita aos gráficos individualizados de cada ciclo de transporte realizado pelo *Dumper* concluiu-se que:

- É na banda de frequência de 125 Hz que melhor é detetado o padrão de ruído para a tarefa de Carga;
- Na tarefa de Carga, o número total de valores pico corresponde ao número de baldes descarregados no *Dumper*;
- Os períodos de paragem do *Dumper*, com o motor ligado, são caracterizados por níveis sonoros que variam entre 61,8 e 64,8 dB(A);
- As condições atmosféricas interferem com a produtividade pois quando chove é necessário descarregar a água que se encontra junto com o material carregado antes de este ser depositado no britador primário;
- Os gráficos relativos à distribuição de amplitude das tarefas de transporte, descarga no britador primário, regresso e descarga de água apresentam uma configuração mais simétrica do que as restantes;
- O tempo de transporte é superior ao tempo de regresso pois a viagem de transporte é feita com o *Dumper* cheio e como faz mais esforço demora assim mais tempo;

- As percentagem do valor residual que é relativo às manobras de posicionamento, variam com a localização da frente de desmonte;
- A configuração dos gráficos relativos à análise por frequência em dB(A) apresentam uma configuração simétrica principalmente nas tarefas de transporte, descarga no britador primário, descarga de água e regresso;
- A forma dos gráficos referentes à análise por frequência em dB exibe um formato descendente devido aos valores não serem ponderados com o filtro A;
- Na análise de regressão não houve um bom ajuste da linha de tendência para cada tarefa constituinte do ciclo de transporte com exceção da carga onde o ajuste foi do tipo logarítmica com um R^2 igual a 0,96;
- Os níveis de ruído apresentados nas tarefas de descarga no britador primário ou de água são muito idênticos;
- A descarga na pilha de stock apresenta níveis de ruído mais elevados do que nos outros tipos de descargas porque esta tarefa trata da descarga de material de grandes dimensões (enrocamento para obras marítimas);
- Nas baixas frequências, os níveis mais elevados foram atingidos com a operação de carga e descarga na pilha de stock;
- O transporte e o regresso apresentam níveis de ruído praticamente iguais logo a carga do *Dumper* não tem influência;
- Os gráficos na generalidade, apresentam uma amplitude de níveis de ruído maior nas baixas frequências do que nas altas frequências.

As medições efetuadas em períodos de paragem do *Dumper* apresentam algumas oscilações e o ideal seria observar uma constante. Essa oscilação faz com que haja sobreposição com os níveis das restantes tarefas não sendo possível, em certas frequências, a sua distinção. A explicação para este acontecimento pode ser o facto de haver influência do ruído residual do ambiente circundante.

Tendo em conta que as medições realizadas neste trabalho foram determinadas num contexto de um dia normal de trabalho onde surgiram acontecimentos imprevisíveis, apenas foi possível detetar padrões de ruído para a tarefa de carga na banda de frequência de 125 Hz e na análise de regressão (equação logarítmica).

6.1.2 Pá Carregadora

Depois do estudo realizado com base nos gráficos individualizados de cada ciclo de carga realizado pela *Pá Carregadora* concluiu-se que:

- É na banda de frequência de 1 KHz que melhor é detetado o padrão de ruído para a tarefa de Carga;
- Na tarefa de carga, o número total de valores mais baixos corresponde ao número de baldes descarregados nos camiões;

- Os períodos de paragem da *Pá Carregadora*, com o motor ligado, são caracterizados por níveis sonoros que variam entre 53,7 e 62,7 dB(A);
- A condição de abrir/fechar a porta para assinar a autorização para a carga do camião interfere com a produtividade;
- Nos gráficos relativos à distribuição de amplitude, as tarefas de abrir/fechar a porta, carga e alimentação na instalação de lavagem de areias apresentam uma configuração típica de uma distribuição assimétrica positiva, e as tarefas de arrumação de stock, descarga no britador primário e deslocação à instalação de britagem nova, mostram uma forma a tender para uma distribuição normal;
- Os gráficos relativos à análise por frequência em dB(A) e dB não apresentam uma configuração tipicamente conhecida.
- Na análise de regressão não foi possível ajustar nenhum tipo de linha de tendência, de onde se conclui que as amostras são muito divergentes;
- Em todas as tarefas, com exceção da paragem, os níveis de ruído mais altos correspondem às frequências de 63 e 125 Hz;
- O tipo de material tratado e a zona na pedreira não influencia o nível de ruído.

O número e o tipo de tarefas, realizadas pela *Pá Carregadora* num dia de trabalho considerado normal, são muito variáveis e conclui-se que para a deteção de padrões de ruído seja necessário, futuramente, uma campanha de recolha de amostras superior.

6.2 Avaliação do Posto de Trabalho

6.2.1 Dumper

Quanto à avaliação do posto de trabalho do manobrador verifica-se que todos os valores obtidos para o ruído no *Dumper* com janelas fechadas e porta fechada, encontram-se dentro dos limites legais.

Verificou-se que é durante a tarefa de carga que são encontrados os valores mais elevados para o parâmetro L_{Cpico} .

Para uma duração efetiva da exposição durante um dia de trabalho $T_e = 8h$, verifica-se que o nível de exposição diária ao ruído no posto de trabalho ($L_{EX,8h}$) em causa é igual a 74,9 dB(A) com uma incerteza expandida associada igual a 2,2 dB, para um intervalo de confiança unilateral de 95% ($k=1,65$).

A situação mais desfavorável seria adicionando o valor da incerteza ao valor do nível de exposição diária ($L_{EX,8h} + U(L_{EX,8h})$), onde o valor de $L_{EX,8h}$ seria majorado para 77,1 dB(A). Foi este o critério usado para a comparação do valor medido com o limite legal. Mesmo analisando a situação mais desfavorável, o valor obtido é inferior ao Valor de Ação Inferior (VAI = 80 dB(A)). Assim sendo, pela aplicação da legislação em vigor, não se

propõe nenhuma medida para a redução dos riscos ligados à exposição dos trabalhadores ao ruído durante a sua atividade.

O nível mais elevado de pressão sonora de pico (L_{Cpico}) encontrado ao longo dos vários dias de amostragem, mantendo a situação de análise, corresponde ao valor mais desfavorável igual a 131,4 dB(C) sendo este também inferior ao Valor de Ação Inferior (VAI = 135 dB(C)).

A partir da análise do conteúdo do trabalho, conclui-se que o nível de exposição ao ruído dos manobreadores de *Dumper* na pedreiras a céu aberto onde foi realizado o estudo, não causa risco para a audição dos mesmos. Mas, mesmo perante o panorama encontrado, na perspetiva da prevenção dos riscos para a saúde dos trabalhadores, é fundamental o acompanhamento regular dos riscos e das medidas de controlo e a vigilância adequada da saúde.

6.2.2 Pá Carregadora

Os valores obtidos para o ruído dentro da cabine da *Pá Carregadora* com janelas fechadas e porta fechada, a que o manobrador está exposto, encontram-se dentro dos limites legais.

É durante a operação de abrir/fechar a porta, que está associada à tarefa de carga, que são encontrados os valores mais elevados para o parâmetro L_{Cpico} .

Para uma duração efetiva da exposição durante um dia de trabalho $T_e = 8h$, verifica-se que o nível de exposição diária ao ruído ($L_{EX,8h}$) dentro da cabine da *Pá Carregadora* é igual a 72,5 dB(A) com uma incerteza expandida associada igual a 2,1 dB, para um intervalo de confiança unilateral de 95% ($k=1,65$).

Para a situação mais desfavorável ($L_{EX,8h} + U(L_{EX,8h})$), onde o valor de $L_{EX,8h}$ seria majorado para 74,6 dB(A), o valor obtido é inferior ao Valor de Ação Inferior (VAI = 80 dB(A)). Perante isto, não se propõe nenhuma medida para a redução dos riscos ligados à exposição dos trabalhadores ao ruído durante a sua atividade. Mas propõe-se uma melhoria que consiste em substituir o sistema de assinatura do operador nas guias de autorização de carga pelo uso de um “PDA” onde este está em comunicação com o responsável da balança. Assim diminuía-se o tempo de atividade não produtiva e evitava-se a exposição ao ruído exterior quando se abre a porta.

O nível mais elevado de pressão sonora de pico (L_{Cpico}) encontrado ao longo dos vários dias de amostragem corresponde ao valor mais desfavorável igual a 131,7 dB(C) sendo este também inferior ao Valor de Ação Inferior (VAI = 135 dB(C)).

Perante esta análise, deve-se adotar as mesmas medidas em relação ao *Dumper* no que diz respeito ao acompanhamento regular dos riscos e das medidas de controlo e a vigilância adequada da saúde dos operadores das Pás Carregadoras.

7 PERSPECTIVAS FUTURAS

No futuro, poderá ser realizada a avaliação de exposição ao ruído noutros postos de trabalho relativos à mesma atividade económica e respetiva análise de pormenor para detetar padrões.

Poderá também ser realizada a avaliação de exposição ao ruído aos mesmos postos de trabalho avaliados neste estudo mas relativos a outro tipo de empresas e/ou veículos de marcas/modelos distintos de forma a obter valores que possam ser comparáveis.

Na perspetiva de continuar este estudo futuramente deveriam ser feitas medições nas situações em que o *Dumper* esteja parado sem influência do meio ambiente de modo a considerar esta tarefa como padrão para comparar com outras. Em relação à deteção de padrões de ruído no interior da cabine da Pá Carregadora, deveria fazer-se uma campanha de recolha de amostras superior.

8 BIBLIOGRAFIA

- BRAGA, C. Ruído Ocupacional. In. FEUP, 2011.
- COELHO, A.S.M. Detecção de Padrões de Ruído em Ciclos de Carga e Transporte em Pedreiras a Céu Aberto. In *MESHO*. Porto-Portugal: FEUP, 2012.
- COSTA, S. AND AREZES, P. 2012. A retrospective reflection/investigation on occupational noise exposure. In *Proceedings of the International Symposium on Occupational Safety and Hygiene*, Guimarães - Portugal 2012, 161 - 162.
- DIOGO, M.F.T., FREIXO, M.A.G. AND TEIXEIRA, M.A.M. A Gestão da Prevenção de Riscos Profissionais. In.: Edições Universidade Fernando Pessoa, 2005, vol. 2, p. 224-237.
- FERREIRA, C., BRANCO, J.C. AND BAPTISTA, J.S. 2011. Relação entre ruído e variáveis do processo de carga e transporte na indústria extractiva a céu aberto. In *Proceedings of the 6º Congresso Luso-Moçambicano de Engenharia*, Maputo 2011.
- FERREIRA, N. AND GUERREIRO, H. O Ruído e a Indústria Extractiva. In *Boletim de Minas*. Lisboa: Direcção Geral de Energia e Geologia, 2010, vol. 45, p. 3-17.
- GOSWAMI, S. Assessment and analysis of noise levels in and around Ib river coalfield, Orissa, India. *Journal of Environmental Biology - Trivani Enterprises*, May 2012 2012.
- MATOS, M.L. Análise da Exposição ao Ruído na Indústria Extractiva face à evolução tecnológica. In.: Instituto Geológico e Mineiro, 2001, p. 49-55.
- MATOS, M.L. Consequências da aplicação da nova legislação sobre ruído nos locais de trabalho, à indústria extractiva. In O.D. ENGENHEIROS. *7º Congresso Internacional de Segurança, Higiene e Saúde do Trabalho*. Porto - Portugal, 2007.
- MATOS, M.L., BAPTISTA, J.D.S. AND DIOGO, M.T. Relação entre o Ruído e as variáveis do processo produtivo na Indústria Extractiva a Céu Aberto. In.: FEUP, 2011.
- MIGUEL, A.S.S.R. *Manual de Higiene e Segurança do Trabalho*. Edition ed.: Porto Editora, 2010.
- NANDA, S.K. AND TRIPATHY, D.P. Machinery noise prediction in opencast mines using CONCAWE model: A case study. In *Noise & vibration worldwide*. 2010, p. 26-32.
- OSHA - FACTS28 Avaliação económica da prevenção dos acidentes de trabalho ao nível das empresas 2002.
- OSHA. Novos Riscos Emergentes para a Segurança e Saúde no Trabalho. In.: Agência Europeia para a Segurança e Saúde no Trabalho, 2009, p. 11-12.
- PANDEY, R.K., THOTE, N.R. AND SINGH, T.N. Development of statistical model for prediction of occupational noise exposure to SDL operators in Indian underground coal mines. In *Noise & vibration worldwide*. 2011.
- SENSOGUT, C. AND CINAR, I. An empirical model for the noise propagation in open cast mines – A case study. In *ELSEVIER*. www.elsevier.com/locate/apacoust, 2007, p. 1026-1035.
- SUNG-HEE, K. Interior noise analysis of a construction equipment cabin based on airborne and structure-borne noise predictions. *Journal of Mechanical Science and Technology* 26 (4) (2012) 1003~1009, 2012, vol. 26, no. 4.

ANEXOS

Anexo I – Ficha técnica Dumper TEREX TR 45

Anexo II – Ficha técnica Pá Carregadora CAT 966H

Anexo III – Despacho de aprovação do modelo do sonómetro

Anexo IV – Fichas de levantamento de dados no Dumper

Anexo V – Fichas de levantamento de dados na Pá Carregadora

Anexo VI – Gráficos de cada ciclo das amostras recolhidas no Dumper

Anexo VII – Quadros resumo em função de cada amostra (Dumper)

Anexo VIII – Quadros resumo em função de cada amostra (Pá Carregadora)
